Le mémoire de M. Lenfant est extrait
des *Mémoires de la Société royale des sciences de Liége*, tome XIX (1896);
ceux de MM. Mansion et Sterckx, du tome XX (1897)
de la même publication.

ARCHIVES

DE

L'INSTITUT BOTANIQUE

DE

L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

Vol. I

Contribution à l'anatomie des Renonculacées :

Le genre *Delphinium*, par C. Lenfant.
Le *Thalictrum flavum* L., par A. Mansion.
La tribu des *Clématidées*, par R. Sterckx.

Notes de technique micrographique, par A. Gravis.

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES
DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 112

1897

PRÉFACE.

Je me propose de réunir, au fur et à mesure de leur publication, les travaux d'anatomie végétale exécutés au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége, et de les distribuer en échange des travaux similaires qui me sont adressés par les savants étrangers. Cette distribution méthodique de mémoires se rapportant à une même spécialité est rendue nécessaire par les grandes difficultés que présentent de nos jours les recherches bibliographiques.

Les premiers volumes des *Archives* contiendront notamment une série de contributions à l'anatomie des Renonculacées. Ces recherches, conçues sur un plan uniforme, constitueront une suite de monographies destinées à rassembler les matériaux d'une étude synthétique de cette famille au point de vue de l'anatomie générale et à celui de l'anatomie systématique. En dirigeant les efforts de mes élèves vers un but unique, j'ai cru me conformer aux conseils si sages formulés, dans un autre domaine, par le savant directeur du Jardin botanique de Bruxelles : « Creuser le même sujet avec une patience à toute épreuve et sans se préoccuper du temps, y faire converger toutes ses méditations et tout ce qu'on peut acquérir d'expérience, s'acharner au même travail jusqu'au moment où la lumière soit devenue complète, nous paraît plus utile au progrès de la science que de disperser son activité sur des objets variés

dont l'étude ne peut être achevée par un seul homme ([1]). » « Du reste, le temps importe peu si, au bout de longues recherches, on est parvenu à résoudre l'un ou l'autre de ces problèmes que les observateurs se passent de génération en génération sans en trouver la solution, et cela uniquement faute d'un travail suffisamment prolongé ([2]). »

L'anatomie végétale, trop longtemps confondue avec la physiologie des plantes, tend à se constituer en une science indépendante, nettement définie par son but, possédant ses méthodes d'investigation de plus en plus rigoureuses, ses procédés techniques perfectionnés, formulant enfin ses résultats sous forme de lois générales dont la portée philosophique ne peut être méconnue; elle est d'ailleurs susceptible d'applications chaque jour plus nombreuses à la physiologie, à la systématique et à la détermination des produits d'origine végétale.

Je serais heureux de voir l'Institut botanique de l'Université de Liége concourir, dans la mesure de ses forces, aux progrès de l'une des branches les plus attrayantes de la botanique.

A. GRAVIS.

Liége, le 15 novembre 1897.

([1]) F. Crépin, *Les Roses aux prises avec les savants. — Histoire d'une monographie.* Discours à l'Académie royale des sciences de Belgique, séance du 15 décembre 1888 (*Bulletin,* 3e série, t. XVI, p. 717).

([2]) F. Crépin, *Examen de quelques idées émises par MM. Burnat et Gremli sur le genre Rosa.* (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, séance du 10 mars 1888, p. 61.)

LISTE DE QUELQUES TRAVAUX ANTÉRIEURS OFFERTS EN ÉCHANGE.

GRAVIS (A.), Notice sur quelques faits tératologiques. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XVI, 1877.)

— Les anomalies florales du poirier et la nature morphologique de l'anthère. (*Ibidem*, t. XIX, 1880.)

— Procédés techniques usités à la station zoologique de Naples, en 1883. (*Bulletin de la Société belge de microscopie*, 28 mars 1884.)

— Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioïca* L. (*Mémoires in-4° publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*, t. XLVII, 1884.)

— Anatomie et physiologie des tissus conducteurs chez les plantes vasculaires. (*Mémoires de la Société belge de microscopie*, t. XII, 1889.)

— Résumé d'une conférence sur l'anatomie des plantes. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XXX, 1891.)

— De l'emploi des caractères anatomiques dans la classification des végétaux, par M. J. Vesque. — Analyse. (*Ibidem*, t. XXIX, 1890.)

— Des caractères que l'anatomie peut fournir à la classification des végétaux, par M. C.-Ég. Bertrand. — Analyse. (*Ibidem*, t. XXX, 1891.)

— Observations de pathologie végétale. (*Ibid.*, t. XXXIV, 1895.)

NIBOUL (ÉD.), Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées. — *Ranunculus arvensis* L. (*Mémoires* in-4° *publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux arts de Belgique,* t. LII, 1891.)

NYPELS (P.), Observations anatomiques sur les tubercules d'*Apios tuberosa* et d'*Helianthus tuberosus*. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique,* t. XXXI, 1892.)

REMY (L.), Contribution à l'étude micrographique du poivre et de ses falsifications. (*Mémoires de la Société royale des sciences de Liège,* t. XVIII, 1895.)

DELAITE (J.) et LONAY (H.), Une nouvelle falsification du thé. (*Bulletin de l'Association belge des chimistes,* t. XI, 1897.)

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

LE GENRE *DELPHINIUM*

PAR

C. LENFANT

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES

(Examen préparatoire à l'enseignement moyen.)

INTRODUCTION

Le présent travail est une étude de quatre espèces du genre *Delphinium* : deux espèces annuelles, *D. Ajacis* L. et *D. consolida* L.; une espèce bisannuelle, *D. Staphysagria* L. et une espèce vivace, *D. elatum* L.

Je me suis efforcé de caractériser le genre *Delphinium* en étudiant pour chaque espèce : l'embryon dans la graine; le développement de l'appareil végétatif à trois, quatre ou cinq stades convenablement choisis; la plante adulte. Pour l'embryon et les plantes jeunes, un certain nombre d'individus ont été inclus dans la celloïdine et coupés au microtome d'un bout à l'autre. Pour la plante adulte, l'axe hypocotylé, la tige principale et les tiges axillaires ont été étudiés dans toute leur étendue; de même pour les racines de divers ordres. Quant aux appendices, la structure du pétiole et celle du limbe ont été décrites pour les cotylédons et les feuilles adultes.

Ce travail, exécuté au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége, sous la direction de M. le professeur A. Gravis, est destiné à faire suite à une étude commencée par M. Ed. Nihoul ([1]). Lorsqu'une série de monographies sem-

([1]) *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées.* — Le *Ranunculus arvensis*, par M. Ed. Nihoul. Dans les *Mémoires* in-4° publiés par l'Académie royale des sciences de Belgique, tome LII (1891).

blables auront fait connaitre d'une manière complète l'organisation d'un nombre suffisant de Renónculacées, on pourra en déduire la diagnose anatomique de la famille et des genres qu'elle renferme.

Cette synthèse, dans laquelle on tiendra compte des recherches antérieures de MM. Meyer, Marié et Vesque, est sans doute appelée à fournir d'utiles renseignements, tant à l'anatomie générale qu'à l'anatomie systématique.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

PREMIÈRE PARTIE.

DELPHINIUM AJACIS.

CHAPITRE PREMIER.

EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

« Les fruits du *Delphinium Ajacis* L. sont des follicules. Ceux-ci sont épais et renferment des graines étroitement comprimées les unes contre les autres, ce qui les déforme plus ou moins. Leur albumen considérable loge dans sa partie supérieure un petit embryon, le tégument de la graine s'épaissit inégalement de manière à présenter à la surface un réseau de lignes saillantes anastomosées ([1]) ». L'embryon mesure $0^{mm},7$ de longueur sur $0^{mm},35$ de largeur; il est droit; ses cotylédons, parallèles aux deux plus grandes faces de la graine, ne sont pas appliqués l'un

([1]) Baillon, *Histoire des plantes.*

contre l'autre, mais écartés, l'espace qui les sépare étant occupé par de l'albumen (fig. 1).

Le plan principal de symétrie, passant par le centre de l'axe hypocotylé, est perpendiculaire à la surface de chaque cotylédon.

STRUCTURE.

Nous examinerons principalement : le milieu de l'axe hypocotylé et la région supérieure où se fait l'insertion des cotylédons.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 2).

1. *Épiderme :* cellules allongées dans le sens du rayon, cuticule mince, des méats sous cet épiderme.

2. *Parenchyme cortical:* sept à huit assises de cellules arrondies, présentant très nettement une disposition radiale.

La plus profonde de ces couches, l'endoderme, n'offre ici aucun caractère particulier.

3. *Le cylindre central :* éléments procambiaux petits, à section polygonale, allongés dans le sens longitudinal.

Il est délimité par un péricycle assez net, formé par une assise de cellules alternant d'une part avec les cellules de l'endoderme et d'autre part avec les éléments procambiaux du cylindre central.

B. *Région supérieure de l'axe hypocotylé* (fig. 3).

1. *Épiderme.*

2. *Parenchyme cortical :* cinq à six assises de cellules seulement.

3. *Cylindre central* plus allongé dans le sens du plan de symétrie.

Si à partir de cet endroit on étudie les coupes transversales successives, on voit le massif central se diviser en deux autres massifs, l'un antérieur, l'autre postérieur, situés dans le plan de symétrie. Ces deux massifs, dès leur séparation, fuient très obliquement dans les deux cotylédons : ce sont les faisceaux cotylédonaires.

Coupes longitudinales.

Dans la coupe longitudinale suivant le plan principal de symétrie, on retrouve (fig. 4):

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1. *Épiderme.*

2. *Parenchyme cortical:* cellules des couches profondes allongées longitudinalement et disposées en séries ; les autres polyédriques.

3. *Cylindre central:* éléments procambiaux assez allongés dans le sens de l'axe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

L'insertion des deux faisceaux qui sortent dans les cotylédons et qui se prolongent presque jusqu'au bout de ces appendices se fait obliquement. Le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé se continue avec le parenchyme des cotylédons.

Entre les deux faisceaux cotylédonaires, se trouve le méristème primitif recouvert par le dermatogène qui se continue avec l'épiderme des cotylédons.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.*

En approchant du sommet radiculaire, l'épiderme se cloisonne et donne naissance à la coiffe. Au sommet de celle-ci s'observent cinq à six cellules qui constituent le suspenseur.

Le parenchyme cortical correspond à deux rangs de cellules initiales.

Le cylindre central aboutit à un petit groupe de cellules initiales polyédriques, qui produiront plus tard le faisceau de la racine principale.

CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

Ce développement a été étudié à trois stades de la germination.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination : la moitié inférieure de l'axe hypocotylé se montre au dehors.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 5).

Deux éléments différenciés marquent les pôles libériens situés aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie.

B. *Région d'insertion des cotylédons* (fig. 6).

Outre les pôles libériens visibles au niveau précédent, on remarque, dans une coupe transversale faite à la base du nœud cotylédonaire, deux pôles ligneux placés dans le plan de symétrie de l'embryon. Au pôle ligneux postérieur se trouve une trachée, au pôle ligneux antérieur deux trachées; elles sont séparées de l'endoderme par une seule cellule du péricycle.

Si l'on examine les coupes transversales successives en considérant uniquement le pôle postérieur, on voit qu'une autre trachée apparait en dehors de la première; elle est d'abord très étroite, elle s'élargit plus haut, tandis que la première se rétrécit et disparait (fig. 7, 8, 9). Comme nous le constaterons par l'étude des stades ultérieurs, la trachée d'en bas marque le pôle du bois centripète qui se développera par la suite dans l'axe hypocotylé. La trachée d'en haut marque, au contraire, le pôle du bois cen-

trifuge cotylédonaire. La région que nous observons ici est donc celle du contact entre le faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé et les deux faisceaux unipolaires des cotylédons. Le même contact s'observe au pôle antérieur.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale passant par le plan principal de symétrie, montre très bien le contact des deux trachées initiales du faisceau bipolaire, avec les trachées initiales de deux faisceaux unipolaires des cotylédons. Cette figure est en tout semblable à celle dessinée par M. Nihoul dans son travail sur le *Ranunculus arvensis* (¹).

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons dégagés du spermoderme concourent déjà à l'élaboration. Deux petites feuilles sont visibles à l'œil nu. L'axe hypocotylé est blanchâtre et reconnaissable à sa surface lisse; il mesure une longueur de 25 millimètres et une épaisseur de $1^{mm},5$.

La racine principale a une couleur terne et est beaucoup plus longue que l'axe hypocotylé. Au collet superficiel, c'est-à-dire au niveau où la surface change de couleur, il n'existe pas de radicelles, celles-ci se développent seulement plus bas (fig. 10).

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 11).

Épiderme et parenchyme cortical complètement différenciés. Endoderme reconnaissable à ses plissements sur les cloisons radiales; péricycle constitué par une seule assise de cellules, excepté en face des pôles ligneux où les cellules sont dédoublées

(¹) *Loc. cit.*

tangentiellement. Faisceau bipolaire : les deux pôles ligneux centripètes complètement différenciés se touchent presque au centre de la coupe; deux massifs libériens ; deux zones cambiales récemment apparues entre bois et liber.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Dans la région supérieure de l'axe hypocotylé (4 millimètres sous le nœud cotylédonaire) (fig. 12), le cylindre central s'élargit en tout sens, mais principalement suivant le diamètre perpendiculaire au plan de symétrie. Les deux pôles ligneux centripètes se trouvent maintenant englobés par les éléments ligneux secondaires à développement centrifuge qui se forment à droite et à gauche. Deux zones cambiales; deux massifs de liber secondaire.

En continuant l'examen des coupes successives, on est conduit a reconnaitre, dans la coupe représentée par la figure 13, les deux pôles ligneux centripètes (B. cp.), séparés à ce niveau par du tissu fondamental interne (moelle); à droite et à gauche, un très large faisceau libéro-ligneux à bois centrifuge.

A un niveau un peu supérieur encore (fig. 14), les deux pôles centripètes sont très écartés l'un de l'autre. A droite et à gauche du plan de symétrie sont groupés autour d'un parenchyme médullaire assez développé, dix faisceaux savoir :

Quatre faisceaux cotylédonaires rapprochés deux à deux des pôles centripètes, quatre faisceaux A, B, C, D et enfin deux faisceaux médians foliaires (M^1 et M^2) destinés aux deux premières feuilles. Ces dix faisceaux proviennent de la division des deux larges faisceaux libéro-ligneux observés au niveau précédent (fig. 13).

Arrivés dans le nœud, les deux faisceaux cotylédonaires antérieurs sortent obliquement dans le cotylédon, entrainant avec eux le bois centripète du pôle antérieur; la même chose se réalise pour le cotylédon postérieur.

Dans le *D. Ajacis*, on peut donc distinguer dans le nœud cotylédonaire deux contacts :

1° Le contact entre le bois centripète de l'axe hypocotylé et le bois centrifuge des faisceaux cotylédonaires;

2° Le contact des faisceaux de la tige principale (A, B, M¹, C, D, M²), avec le bois centripète de l'axe hypocotylé.

Ces deux contacts s'opèrent à partir de 4 millimètres en dessous du nœud cotylédonaire et se continuent sur une étendue de 2 millimètres environ ; le premier se poursuit encore jusque dans le pétiole des cotylédons.

C. *Racine principale.*

La structure ne diffère guère de celle de l'axe hypocotylé que par l'existence d'une assise pilifère à la place de l'épiderme. Sur la racine principale, s'insèrent quelques radicelles par le moyen de nombreuses trachées courtes et de grand diamètre.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale montre (fig. 15) :

1° Que le faisceau bipolaire de la racine principale est bien la continuation du faisceau de l'axe hypocotylé et que les faisceaux qui se rendent aux cotylédons ainsi qu'à la feuille 1 sont en contact avec le faisceau bipolaire.

On a renseigné sur ce dessin les niveaux correspondant aux coupes transversales (fig. 12, 13 et 14).

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Cinq à six petites feuilles sont visibles à l'extérieur; les cotylédons à ce stade ont atteint leur maximum de développement.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 16).

Les deux zones cambiales ont produit deux massifs de bois secondaire, ainsi qu'une petite quantité de liber secondaire. Entre les massifs de B², le péricycle s'est recloisonné activement et a donné naissance à des files radiales de cellules à parois minces.

B. *Région du nœud cotylédonaire.*

Les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, se divisent

avant d'arriver au nœud cotylédonaire, c'est-à-dire à un niveau inférieur à celui où se fait cette division dans le *Ranunculus arvensis*. La sortie des faisceaux cotylédonaires se fait plus haut, comme au stade précédent (comme dans le *Ranunculus* l'un des cotylédons sort à un niveau un peu plus bas que l'autre). Un bourgeon se trouve à l'aisselle de chaque cotylédon.

STRUCTURE DES COTYLÉDONS.

Les cotylédons au stade III sont arrivés à leur complet développement. Les pétioles, non concrescents, portent un limbe ovale, à sommet obtus. La nervation consiste en une nervure médiane, quatre nervures latérales détachées dès la base du limbe et enfin de très fines nervures anastomosées. Les deux faisceaux qui ont pénétré dans chaque cotylédon restent séparés dans toute l'étendue du pétiole; toutefois, à l'extrémité de ce dernier, ils se rapprochent au point de se fusionner par leur région ligneuse.

Les figures 17, 18, 19 représentent ces deux faisceaux respectivement à la base, au milieu et au sommet d'un pétiole cotylédonaire. On remarquera dans ces figures quelques trachées étroites qui sont la continuation du bois centripète de l'axe hypocotylé entre les deux faisceaux. Au sommet se trouve une glande à eau. (Voir chapitre : Feuille).

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Nous ferons connaître la stucture de la tige principale, dont le parcours est représenté par la figure 20. D'autres individus, étudiés d'une façon aussi complète, n'ont présenté que des différences secondaires. Les premiers entre-nœuds de la tige principale sont toujours très courts.

Entre-nœud 1 (fig. 21). — Vingt et un faisceaux parmi lesquels il faut signaler d'abord les médians des feuilles 1 et 2, puis quatre groupes issus de la ramification de faisceaux réparateurs A, B, C, D (chacun de ces faisceaux s'étant divisé en quatre ou cinq faisceaux foliaires). L'entre-nœud 1 du *Delphinium Ajacis*

diffère ainsi notablement de la région correspondante du *Ranunculus* [1].

Les dix-neuf faisceaux provenant de la division des réparateurs A, B, C, D, sont tous ici foliaires. On y reconnaît le faisceau latéral de la feuille 1 (L^1), les deux faisceaux latéraux de la feuille 2 (L^2), puis encore une série de traces foliaires complètes, savoir : $(LML)^3$, $(LML)^4$, $(LML)^5$, $(LML)^6$ et enfin le médian de la feuille ^{7} (M^7).

La figure 20, exprime suffisamment le parcours des faisceaux : on y remarquera l'absence d'anastomoses aux nœuds.

STRUCTURE DES FEUILLES.

Les feuilles prennent un développement très inégal, comme on peut s'en assurer par les figures 22, 23, 24, 25. La première ne reçoit que deux faisceaux (ML) [2], tandis que les cinq feuilles suivantes reçoivent trois faisceaux (LML). Les divergences foliaires sont exprimées par le tableau suivant :

Cot. *a*	
	> 178°
Cot. *p*	
	> 109°
Feuille ^{1}	
	> 174°
Feuille ^{2}	
	> 132°
Feuille ^{3}	
	> 137°
Feuille ^{4}	
	> 137°
Feuille ^{5}	
	> 156°
Feuille ^{6}	
	> 116°
Feuille ^{7}	
	> 150°
Feuille ^{8}	
	> 130°
Feuille ^{9}	
	> 139°
Feuille ^{10}	

La divergence moyenne est donc de 141°, soit à peu près $^2/_5$. La vernation est représentée par la figure 26.

[1] E. Nisoul, *loc. cit.*

[2] L'autre faisceau latéral de la feuille 1 se forme par division du médian à la base du pétiole de cette feuille. Dans d'autres individus, il arrive que la feuille 1 ne reçoit de la tige que le faisceau médian (M), lequel se trifurque alors dans le pétiole. Dans ces mêmes plantes, la feuille 2 reçoit de la tige deux faisceaux seulement (ML), et le second faisceau L apparaît dans le pétiole.

CHAPITRE III.

PLANTE ADULTE.

---

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La plante adulte, choisie pour être soumise à un examen détaillé, présente les caractères suivants : L'axe hypocotylé aussi épais que la racine principale avec laquelle il se confond, mesure 3 à 4 centimètres de longueur; la racine principale, assez développée, porte de fortes radicelles; il n'y a pas de racines adventives au premier nœud de la tige principale. On ne distingue plus l'insertion des cotylédons, ni celle des premières feuilles.

Dans l'exemple que nous avons choisi, la tige principale mesurait une hauteur de 80 centimètres, depuis le nœud cotylédonaire jusqu'au sommet de l'inflorescence. Elle portait 24 feuilles, plus les bractées de l'inflorescence.

Les feuilles sont espacées par des entre-nœuds d'une longueur variable. L'entre-nœud situé sous la première fleur est plus long que les autres, c'est une sorte de hampe. A l'aisselle de chaque feuille se trouve un bourgeon plus ou moins développé; à partir du milieu de la tige principale, ces bourgeons se développent régulièrement en tige axillaire florifère.

Les feuilles sont polymorphes : A la base, elles sont à limbe peu découpé; les supérieures sont à lobes plus nombreux et profondément découpées. Entre les deux, on rencontre toutes les transitions. Quant aux bractées, leur taille diminue et leurs lobes, au nombre de trois, se réduisent finalement à un seul.

STRUCTURE.

Pour la facilité de l'exposition, nous distinguerons dans la tige les régions suivantes :

1° L'axe hypocotylé;

2° Les six premiers segments, dont la structure se complique d'un segment à l'autre;

3° Les segments de 7 à 16 dont la structure est sensiblement constante et réalise le maximum de complication;

4° Les segments de 17 à 24 (c'est-à-dire avant d'arriver à la première bractée) dont la structure se simplifie graduellement;

5° L'inflorescence.

Cette division de la tige en cinq régions est confirmée par l'examen des appendices.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Une coupe quelconque montre deux catégories de faisceaux :

1° Les faisceaux foliaires complètement individualisés, qui vont sortir dans les feuilles prochaines sans subir de ramifications;

2° Les faisceaux réparateurs, qui doivent se ramifier pour donner naissance aux faisceaux foliaires des feuilles prochaines.

Les faisceaux foliaires sont les plus gros et les plus rapprochés du centre. Dans toute l'étendue des entre-nœuds, tous les faisceaux marchent parallèlement; aux nœuds, des faisceaux, en nombre variable suivant la région, se rendant dans les feuilles (voir plus loin, chapitre : Feuille). Les faisceaux voisins des faisceaux foliaires se divisent pour remplacer les faisceaux sortis. Des anastomoses se produisent au dessus de ces derniers, mais ne se présentent pas d'une façon constante à chaque nœud (fig. 27).

Si nous examinons l'allure générale des groupes A, B, C, D,

nous constatons que le groupe B, dans la région à structure constante, contient un plus grand nombre de faisceaux que les autres groupes (fig. 29).

Ce fait ayant été observé dans un individu dextre, j'ai soumis un individu sénestre à une étude attentive. J'ai pu constater, dans ce second individu, que c'était le groupe A qui comprenait le plus grand nombre de faisceaux (fig. 30).

Les figures 29 et 30 représentent l'entre-nœud 13 de ces deux plantes. Dans la première (provenant de l'individu dextre) on voit que sur un total de cinquante-deux faisceaux, il y a vingt faisceaux dans le groupe B, dix ou onze seulement dans les groupes A, C et D.

L'autre figure (correspondant à l'individu sénestre) montre sur un total de quarante-cinq faisceaux, neuf ou dix faisceaux dans les groupes B, C, et D, seize faisceaux au contraire dans le groupe A.

Ces deux coupes comparables sont symétriques l'une et l'autre, comme les individus dont elles proviennent. Ce développement variable des groupes A et B dans le *Delphinium Ajacis* rappelle un fait du même genre observé par M. Nihoul dans le *Ranunculus arvensis*. Dans cette espèce, l'un des faisceaux réparateurs A ou B se bifurque, selon que la plante est sénestre ou destre.

Pour plus de détails, il suffira de jeter un coup d'œil sur la figure 28 qui représente le parcours dans l'ensemble de la tige.

B. INSERTION DES TIGES AXILLAIRES.

Le bourgeon axillaire des premiers nœuds de la tige principale restent latents ; les autres se développent en un rameau plus ou moins allongé et toujours florifère.

Le premier entre-nœud d'une tige axillaire contient un assez grand nombre de faisceaux (quinze à vingt) provenant de la ramification de deux faisceaux qui, dans la tige mère sont les plus voisins du faisceau foliaire médian.

Ce mode d'insertion est le plus simple et semble-t-il, le plus commun. Chez le *Ranunculus*, M. E. Nihoul a fait connaître un mode d'insertion bien différent. Chez le *Thalictrum*, l'insertion des bourgeons se fait tout autrement encore comme M. Mansion le fera connaître prochainement.

Toutefois, dans les nœuds de la région la plus développée du *Delphinium Ajacis*, les bourgeons sont plus profondément insérés : ils reçoivent alors trois ou quatre faisceaux gemmaires, qui se ramifient avant même de sortir de la tige mère.

C. HISTOLOGIE.

Nous considérerons les cinq régions distinguées plus haut.

1re région : *Axe hypocotylé.* — Au milieu de l'axe hypocotylé, le parenchyme cortical est décortiqué et la surface est constituée par une couche subéreuse. Le centre est occupé par un massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toute part par une large zone continue de B^2. Le cambium ne fonctionne plus. On rencontre un grand nombre de petits massifs libériens vers la phériphérie. Les deux massifs de liber primaire sont peu reconnaissables.

2e région. — Une coupe transversale pratiquée dans l'entre-nœud 2, est représentée par la figure 31. Tissu fondamental interne sans lacune centrale. Contre le bois primaire, une couronne de bois secondaire continue, épaisse, interrompue seulement pour laisser sortir les foliaires. Ce bois secondaire est formé d'un très grand nombre de fibres étroites à parois très épaises et dures, entremêlées d'un petit nombre de vaisseaux disposés en files rayonnantes.

La zone cambiale, formant un anneau continu, a fonctionné activement puis s'est éteinte. Le liber des faisceaux principaux est accompagné d'un petit massif de fibres sclérifiées peu nombreuses. Ces éléments font défaut aux autres faisceaux. Pas d'endoderme caractérisé. Les cellules du parenchyme externe étirées tangentiellement se sont recloisonnées radialement.

Pas d'hypoderme collenchymateux.

Épiderme mortifié.

Pour bien saisir la valeur des tissus de la plante adulte, il convient de remonter à l'époque de leur formation. La série des figures 32, 33, 34, 35, représentent des portions de coupe transversales dans ce même entre-nœud 2, provenant de plantules de plus en plus âgées. La première (fig. 32) nous présente un faisceau (M^9) au stade procambial, un autre (L^4) dans lequel la première trachée s'est différenciée, un autre encore (L^6) dont le bois primaire est entièrement constitué. La zone cambiale commence déjà à fonctionner. A l'extérieur de ces faisceaux, contre le massif libérien, on remarque une rangée de cellules qui par leur recloisonnement vont former un massif de sclérenchyme. Le tissu fondamental externe est constitué de cinq assises de cellules. L'épiderme couvre la surface.

Dans une coupe un peu plus âgée (fig. 33), un recloisonnement des cellules contre le liber s'opère activement. Le parenchyme externe est encore formé de cinq assises cellulaires.

Dans une plante presque adulte (fig. 34), les cellules recloisonnées contre le liber des faisceaux principaux épaississent fortement leur parois et se sclérifient (fibres libériennes des anciens auteurs, fibres pericycliques de Van Thieghen et de Marié). A aucun stade, on n'a observé d'endoderme bien caractérisé : la couche la plus profonde du parenchyme externe ne se différencie pas des autres. Entre-temps la zone cambiale est entrée en activité et a produit d'abord du B^2 pauvre en vaisseaux, mais riche en fibres à parois épaisses et sclérifiées (fig. 35).

3° *région*. — Dans cette région, les faisceaux sont plus nombreux et plus écartés que dans la région précédente. La coupe transversale de l'entre-nœud 13 est l'une des plus complètes (fig. 36 à comparer à la fig. 31). Le tissu fondamental interne est plus développé que dans la région précédente; il est d'ailleurs creusé d'une vaste lacune. Le B^2 ne forme pas une couronne continue, mais constitue, dans chaque faisceau, un massif peu considérable, sans fibres sclérifiées. Pas de zone cambiale en

anneau, mais des arcs intrafasciculaires seulement; ils sont souvent un peu incurvés autour du liber. Celui-ci est accompagné d'un massif volumineux de fibres sclérifiées. Dans les faisceaux foliaires, de nombreuses fibres primitives à parois minces s'observent en avant du bois primaire. Les rayons interfasciculaires sont occupés par des cellules à parois un peu épaisses. Le parenchyme externe comprend trois assises de cellules avec chlorophylle et méats. Une assise hypodermique très collenchymateuse, enfin un épiderme avec cuticule mince. Les cloisons radiales des cellules épidermiques ne sont pas épaissies, tandis que les parois externes et internes sont épaisses et cellulosiques. Des stomates semblables à ceux de la feuille; on trouve çà et là les cicatrices laissées par la chute des poils (1).

4e région. — Elle offre les mêmes caractères que ceux de la région précédente, sauf que le nombre de faisceaux diminue progressivement.

5e région. — Une coupe transversale dans l'axe de l'inflorescence (fig. 37) diffère assez peu de celles pratiquées dans les deux régions précédentes. L'épiderme porte de très nombreux poils, les uns unicellulaires, incolores, effilés, souvent courbés, à parois si épaisses que leur cavité semble oblitérée; les autres poils, en moins grand nombre, sont beaucoup plus longs, ventrus à leur base (2); les parois, partout assez minces, sont colorées en jaune doré. La partie renflée renferme une substance granuleuse, un noyau; le col, très effilé, semble ouvert à l'extrémité (fig. 38).

(1) On remarquera combien les caractères histologiques de la troisième région sont différents de ceux de la deuxième. Le *Delphinium Ajacis* est un exemple remarquable de la variabilité des tissus dans une même tige et montre bien l'inconvénient qu'il y a à décrire la stucture d'une seule région comme caractéristique d'une espèce.

(2) Marié signale des poils ventrus à la surface des pedicelles du *Delphinium Staphysagria* et les représente à la planche VI, figure 57 du mémoire déjà cité. Cet auteur ne les indique pas dans le *Delphinium Ajacis*.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Dans la plante adulte, les premières feuilles sont flétries et tombées Nous avons signalé au stade II que les quatre premières feuilles sont de taille très inégale, de plus en plus grandes et de plus en plus découpées, avec un pétiole relativement long. Les feuilles suivantes continuent à se compliquer de la sorte. Les plus développées (1 décimètre de longueur sur 16 centimètres environ de largeur) ont un pétiole court, une nervure médiane avec trois paires de lobes principaux subdivisés en nombreux segments étroits (fig. 39). Plus haut, les feuilles passent insensiblement à l'état de bractées. Celles-ci présentent un petit nombre de lobes, souvent trois ou même un seul.

STRUCTURE.

Comme nous l'avons vu, chaque cotylédon reçoit deux faisceaux ; la feuille 1 reçoit tantôt un faisceau (M), tantôt deux (ML) ; la feuille 2 reçoit deux faisceaux (ML) ou trois faisceaux (LML).

Aux autres feuilles, le nombre des faisceaux sortants varie d'une plante à une autre sans qu'on puisse rattacher ces différences à des variations correspondantes de la taille et de la vigueur de la plante. Dans la plupart des individus, toutes les feuilles reçoivent trois faisceaux à partir du nœud [3] (LML), en exceptant toutefois les plus petites bractées, qui n'en reçoivent qu'un seul.

Dans un certain nombre d'individus, les feuilles les plus développées reçoivent quatre faisceaux (L*i*ML). Enfin un individu plus spécialement étudié au point de vue du parcours (pl. IV) possédait quelques feuilles à cinq (L*i*M*i*L) ou à six faisceaux

(Li'MiiL) : c'est cette tige qui a fourni les renseignements consignés dans le tableau suivant.

RÉGIONS.	Segments caulinaires.	Nombre de faisceaux reçus de la tige.	Divergence foliaire d'un nœud à l'autre.	Divergence foliaire moyenne par région.
Ire.	Cotylédon [a]	2 faisceaux . . .	180°	180°
	Cotylédon [p]	2 id. . . .	109°	
IIe.	Feuille [1]. .	1 faisceau	176°	143° 50', soit très sensiblement $^2/_5$.
	Feuille [2]. .	3 faisceaux . . .	140°	
	Feuille [3]. .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [4]. .	4 id. . . .	138°	
	Feuille [5]. .	3 id. . . .	140°	
	Feuille [6]. .	5 id. . . .	144°	
IIIe.	Feuille [7]. .	5 faisceaux . . .	125°	140° 20', soit un angle compris entre $^2/_5$ et $^3/_8$.
	Feuille [8]. .	5 id. . . .	143°	
	Feuille [9]. .	5 id. . . .	142°	
	Feuille [10] .	5 id. . . .	141°	
	Feuille [11] .	6 id. . . .	144°	
	Feuille [12] .	6 id. . . .	143°	
	Feuille [13] .	5 id. . . .	140°	
	Feuille [14] .	5 id. . . .	143°	
	Feuille [15] .	5 id. . . .	142°	
	Feuille [16] .	5 id . . .	139°	
IVe.	Feuille [17] .	3 faisceaux . . .	141°	134° 30', soit sensiblement $^3/_8$.
	Feuille [18] .	4 id. . . .	140°	
	Feuille [19] .	4 id. . . .	138°	
	Feuille [20] .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [21] .	4 id. . . .	140°	
	Feuille [22] .	3 id. . . .	125°	
	Feuille [23] .	3 id. . . .	128°	
	Feuille [24] .	3 id. . . .	144°	
Ve.	Bractée [25] .	3 faisceaux . . .	140°	139° 40', soit un angle compris entre $^2/_5$ et $^3/_8$.
	Bractée [26] .	2 id. . . .	135°	
	Bractée [27] .	1 id. . . .		
	etc.			

Les cinq régions indiquées dans la première colonne du tableau ci-dessus, sont celles qui ont été caractérisées par la structure de la tige principale adulte. On reconnaîtra une relation entre chacune de ces régions de la tige et les appendices qu'elle porte. Ainsi la première région ou axe hypocotylé, dont la structure est si particulière, porte des appendices à deux faisceaux dont la divergence est de 180°.

La deuxième région, dont la structure est de plus en plus compliquée, porte des appendices recevant de plus en plus de faisceaux, un à cinq, la divergence foliaire est sensiblement $^2/_5$.

La troisième région, à structure constante, porte des feuilles à cinq ou à six faisceaux, la divergence foliaire est comprise entre $^2/_5$ et $^3/_8$.

Dans la quatrième région, les feuilles reçoivent seulement quatre ou trois faisceaux, leur divergence est sensiblement $^3/_8$; enfin, dans la cinquième région, les bractées possèdent trois, deux ou un faisceau, leur divergence est comprise entre $^2/_5$ et $^3/_8$.

Structure de la feuille 13. — Nous prendrons cette feuille pour exemple, parce que c'est l'une des plus développées et parce qu'elle appartient à la région à structure constante.

Commençons par le parcours dans le pétiole et la nervure médiane (fig. 40). Sitôt après la sortie dans la feuille des cinq faisceaux L*i*M*i*L [1], les deux faisceaux L se divisent et produisent chacun un faisceau marginal (*m*) (fig. 41, coupe transversale à la base du pétiole). En approchant du niveau de la première ramification de la nervure médiane (insertion des deux premiers lobes), chaque faisceau *i* donne naissance à un faisceau antérieur, c'est-à-dire du côté de l'épiderme interne ou supérieur (fig. 42). Un peu au-dessus, les faisceaux destinés aux deux lobes principaux se détachent des faisceaux foliaires *m*L*i*M*i*L*m*, et sortent à droite et à gauche, en passant entre le médian et les deux petits

(1) Les faisceaux foliaires sortants sont : un médian M, deux latéraux L et deux intermédiaires *i*.

antérieurs dont il vient d'être question. Après quoi ces derniers s'anastomosent avec les faisceaux *m* [1].

Un centimètre plus haut, la nervure médiane contient encore sept faisceaux (fig. 43). La seconde et la troisième ramifications se produisent comme la première, mais les faisceaux *m*L*i*M*i*L*m* sont plus rapprochés les uns des autres et on ne constate plus l'existence de deux petits faisceaux antérieurs (voir fig. 44, 45, 46).

Une coupe tranversale au milieu du limbe de la feuille 13 montre (fig. 47) :

1° Épiderme : Cellules sans chlorophylle à cuticule lisse, stomates nombreux (à la face externe ou inférieure seulement), formés de deux cellules de bordure au niveau de la surface avec deux replis saillants de la cuticule.

Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contours sinueux; ses stomates du type *Ranunculus* sont sans cellules annexes. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés aux deux faces de la feuille; pas de poils ventrus (fig. 48).

2° Mésophylle nettement hétérogène. Une seule couche de cellules en palissades à la face interne (longueur $^1/_2$ environ de l'épaisseur du mésophylle); quatre à cinq couches de cellules irrégulières, à grands méats formant un parenchyme spongieux. Chlorophylle répartie régulièrement dans tout le mésophylle. Pas de cristaux. Nervure constituée par un seul faisceau. A l'extrémité de chacun des segments se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est munie d'un ou deux stomates aquifères (fig. 49, 50, 51, 52, 53, 54).

(1) Cette insertion des deux lobes latéraux sur la nervure médiane, n'est pas sans analogie avec l'insertion d'une feuille sur la tige. La feuille du *Delphinium*, comme celle de l'*Urtica*, semble donc fournir des arguments en faveur de l'hypothèse émise par M. C. de Candolle dans sa théorie de la feuille, page 6. Voir aussi : *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica droïca, par A. Gravis dans les *Mémoires couronnés et les Mémoires des savants étrangers* publiés par l'Académie royale de Belgique, t. XVLII, in-4°, 1884, p. 180.

§ 3. LES RACINES.

Il faut distinguer la racine principale, les racines secondaires, et les radicelles.

Racine principale : Le parenchyme cortical est décortiqué et la surface est mortifiée. Au centre, un massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toute part par une large zone de bois secondaire continu; cambium éteint. Un grand nombre de petits massifs libériens secondaires, deux massifs de liber primaire très reconnaissables.

Racines secondaires : Elles diffèrent de la racine principale par les caractères suivants : Le parenchyme cortical existe encore mais se décortique à certains endroits. Le bois secondaire forme deux massifs l'un à droite, l'autre à gauche de la lame ligneuse primaire bipolaire.

Radicelles : Faisceau ordinairement bipolaire, parfois tripolaire. Productions secondaires peu développées. Endoderme. Parenchyme cortical persistant, assise pilifère.

TÉRATOLOGIE.

PLANTULES A TROIS COTYLÉDONS.

Pour compléter l'histoire du *D. Ajacis*, signalons quelques anomalies observées au cours des recherches.

Dans les semis, on rencontre parfois des plantules dont l'un des cotylédons est bilobé, ainsi que des plantules à trois cotylédons égaux. Ces dernières réalisent deux conformations anatomiques. Nous avons donc trois cas à considérer.

1er cas. *L'un des cotylédons est bilobé.* La structure est identique à celle des plantules normales, sauf que dans l'un des pétioles cotylédonaires les deux faisceaux se séparent vers le haut au lieu de se fusionner.

2e cas. *Trois cotylédons égaux et parfaitement séparés; faisceau bipolaire.* Deux plantules réalisant ce cas ont été étudiées. L'axe hypocotylé dans toute son étendue, de même que la racine, contenaient un faisceau bipolaire normal. Au nœud, deux faisceaux cotylédonaires se rendaient normalement dans l'un des cotylédons, les deux autres faisceaux cotylédonaires se séparaient immédiatement, pour se rendre respectivement dans les deux autres cotylédons; ceux-ci équivalaient donc morphologiquement à la moitié d'un cotyléon normal (fig. 55).

3e cas. *Trois cotylédons égaux et parfaitement séparés; faisceau tripolaire* (fig. 56, dessin de la plantule). Deux autres individus réalisaient cette anomalie. Au milieu de l'axe hypocotylé, comme dans la racine principale, le faisceau possédait trois pôles ligneux, séparés par un angle de 120° et trois poles libériens (fig. 57). Au nœud, six faisceaux cotylédonaires se trouvaient groupés deux à deux à chacun des pôles ligneux, de sorte que chaque cotylédon recevait deux faisceaux comme dans les individus normaux.

Le tableau suivant indique les angles de divergence foliaire dans l'une des plantules réalisant la troisième anomalie.

Cot 1	
	> 119°
Cot. 2	
	> 118°
Cot. 3	
	> 50°
Feuille 1	
	> 128°
Feuille 2	
	> 126°
Feuille 3	
	> 141°
Feuille 4	
	> 132°
Feuille 5	
	> 150°
Feuille 6	
	> 146°
Feuille 7	
	> 130°
Feuille 8	
	> 124°
Feuille 9	
	> 146°
Feuille 10	
	> 138°
Feuille 11	

DEUXIÈME PARTIE.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Le *D. consolida* a été étudié aux mêmes stades que le *D. Ajacis*. Il suffira de mentionner ici les différences qui existent entre ces deux espèces. Le *D. Ajacis* et le *D. consolida* sont deux plantes annuelles, également vigoureuses, qui semblent d'après la diagnose des flores avoir entre elles les plus grandes ressemblances. Quand on les compare à l'état vivant, la distinction spécifique de ces deux types linnéens s'impose cependant à l'observateur. Malgré toutes leurs affinités, ce sont donc deux *bonnes espèces* : de plus, comme nous le verrons bientôt, l'histologie permet de les reconnaître aisément.

L'embryon du *D. consolida*, ses plantules aux stades I, II et III sont identiques à l'embryon et aux plantules du *D. Ajacis*. Dans les deux espèces, la tige adulte se compose des mêmes régions; le parcours des faisceaux est le même, bien que le nombre des faisceaux soit moins considérable dans le *D. consolida*. Les feuilles de cette espèce reçoivent trois faisceaux, excepté la feuille 1 qui n'en reçoit qu'un (M) ou deux (ML). Il est à remarquer que dans cette espèce aussi, il existe des individus dextres et d'autres sénestres. Une tige dextre a montré qu'ici aussi le groupe B renferme plus de faisceaux que les autres (fig. 59).

Histologie de la tige. Une coupe transversale a été pratiquée dans l'entre-nœud 13 d'une plante qui s'était développée tout à côté du *D. Ajacis* adulte décrit ci-dessus, à l'effet d'obtenir des dessins parfaitement comparables (fig. 60-61 du *D. consolida*, à comparer aux fig. 62-63 du *D. Ajacis*). La coupe dans le *D. consolida* contient vingt-trois faisceaux alors que la coupe correspondante du *D. Ajacis* en contenait quarante-trois. La composition

des faisceaux et leur disposition sont identiques. Une différence à noter, c'est que tous les tissus du *D. consolida* sont plus fortement sclérifiés et cela au point que tous les tissus, excepté l'hypoderme et le liber, se colorent en jaune par le chlorure de zinc iodé. Les fibres primitives en avant du bois primaire qui sont si délicates dans le *D. Ajacis* ont ici des parois épaisses et dures. Des fibres ligneuses sclérifiées existent ici dans le bois secondaire même dans les régions supérieures de la tige. Les fibres sclérifiées accompagnant le liber ont des cavités réduites à un point. Le parenchyme interfasciculaire est très fortement sclérifié comme ce qui reste de la moelle. Pas d'endoderme caractérisé. Le parenchyme qui est chlorophyllien dans le *D. Ajacis* est formé ici de cellules scléreuses qui se distinguent du sclérenchyme voisin par l'existence de méats intercellulaires. Hypoderme collenchymateux. Épiderme à cuticule très épaisse. Cet épiderme porte des poils plus nombreux que celui du *D. Ajacis* et un certain nombre de poils persistent à l'état adulte.

Ces caractères histologiques sont si nets et si constants qu'ils permettent de distinguer ces deux espèces voisines de *Delphinium* par l'examen d'une simple coupe transversale provenant d'une région quelconque de la tige (¹). Peu d'espèces affines, croyons-nous, sont susceptibles d'être aussi facilement distinguées par les caractères microscopiques.

Les feuilles du *D. consolida* diffèrent peu de celles du *D. Ajacis*. Les plus développées ont également un pétiole court, une nervure médiane à trois paires de lobes principaux, mais ceux-ci sont subdivisés en segments plus étroits que dans le *D. Ajacis*. L'épiderme, les poils, les stomates ont les mêmes caractères dans les deux espèces. Notons seulement que dans le *D. consolida*, les éléments constituant le parenchyme spongieux et le parenchyme en palissade sont beaucoup plus serrés et pas si lacuneux que dans le *D. Ajacis* (fig. 64).

(¹) M. Marié, dans le mémoire déjà cité, énonce quelques-uns des caractères distinctifs ci-dessus indiqués, et les figure sans toutefois y attacher beaucoup d'importance.

TROISIÈME PARTIE.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA.

I. EMBRYON.

Dans l'angle supérieur de la graine se trouve un embryon qui mesure en moyenne $0^{mm},9$ de longueur sur $0^{mm},37$ de largeur.

II. PLANTULES.

Les stades I, II, III sont identiques à ceux étudiés dans le *D. Ajacis*. La région de contact s'étend également sur un demi-centimètre en dessous du nœud cotylédonaire. Le contact entre la tige et la racine s'opère exactement comme il a été dit plus haut. Toutes les feuilles indistinctement reçoivent trois faisceaux. Les anastomoses au nœud sont rares. Il y a des plantes dextres et d'autres sénestres.

Dans un individu, j'ai observé les divergences foliaires suivantes : spire (fig. 65), vernation (fig. 66).

Cot. *a*	
	> 178°
Cot. *p*	
	> 96°
Feuille ^{1}	
	> 178°
Feuille ^{2}	
	> 142°
Feuille ^{3}	
	> 140°
Feuille ^{4}	
	> 131°
Feuille ^{5}	
	> 142°
Feuille ^{6}	
	> 123°
Feuille ^{7}	
	> 132°
Feuille ^{8}	
	> 130°
Feuille ^{9}	
	> 127°
Feuille ^{10}	

A la fin de la première année, les plantules du *D. Staphysagria* ont pris un grand développement. Elles peuvent avoir produit une douzaine de feuilles à très long pétiole et à très large limbe. La tige toutefois reste courte (5 centimètres de long). Elle se termine par un bourgeon terminal nu, c'est-à-dire non protégé par des feuilles pérulaires. Aussi ces plantes ne supportent-elles pas, sans abri, l'hiver de nos régions. Le nœud cotylédonaire se trouve au niveau du sol, l'axe hypocotylé ayant subi par l'effet de la contraction des racines un léger enfoncement. Une coupe faite au milieu de l'axe hypocotylé montre :

1° Le parenchyme cortical comprenant la moitié du diamètre total;

2° Au centre, un massif ligneux primaire à deux pôles entouré d'éléments parenchymateux étirés. A droite et à gauche, un massif de B^2 quelquefois découpé en lames radiales; çà et là d'autres massifs isolés de B^2. Une zone génératrice circulaire composée d'arcs cambiaux et d'arcs cambiformes. Des massifs de L^2 à la périphérie. Les deux massifs de liber primaire sont également très reconnaissables (fig. 67).

Cet axe hypocotylé se confond ordinairement avec la racine principale. Parfois cependant il prend un grand accroissement secondaire et se tubérise. Cette tubérisation résulte d'une production abondante de parenchyme secondaire à l'intérieur de la zone cambiale.

III. PLANTE ADULTE.

La tige principale, après avoir hiverné, continue son évolution au printemps suivant. J'ai étudié un individu qui mesurait environ 1 mètre et qui portait vingt-huit feuilles plus les bractées de l'inflorescence. A partir du nœud 13, les bourgeons se trouvant à l'aisselle des feuilles étaient développés et produisaient des tiges axillaires ordinairement très fortes, dressées et terminées par une inflorescence.

Cette plante a été étudiée aux niveaux suivants :

Axe hypocotylé. A la fin de la deuxième année, la zone génératrice citée plus haut a produit une large zone de B^2, celui-ci

composé de vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaissies. Ces fibres et ces vaisseaux sont disposés en files radiales séparées par du tissu fondamental interfasciculaire à parois minces. Le parenchyme cortical est décortiqué et à la surface se trouve une couche subéreuse (fig. 68).

Base de la tige. Une coupe transversale faite au milieu de l'entre-nœud 7 offre la structure suivante :

Quarante-trois faisceaux de dimension variable, les uns complètement individualisés comme foliaires, les autres destinés à se diviser.

Une zone circulaire de bois secondaire, comprenant le quart du diamètre total, a été engendrée par une zone continue de cambium ; les massifs de liber sont accompagnés d'un petit nombre de fibres sclérifiées; la surface est subérifiée. Ce niveau est semblable à celui décrit et figuré dans le *D. Ajacis.*

Milieu de la tige. Entre-nœud 20 : Le diamètre de la coupe est le même que celui de l'entre-nœud 7. Quarante-sept faisceaux individualisés, ne renfermant que très peu de bois secondaire (voir parcours, fig. 69).

Inflorescence. Quatrième segment de l'inflorescence : Diamètre de la coupe, un tiers de celui de l'entre-nœud 20. Les faisceaux, au nombre de trente-trois, ont les mêmes caractères que ceux décrits précédemment.

Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige. Le parcours des faisceaux est le même que dans le *D. Ajacis;* le nombre des faisceaux est d'ailleurs sensiblement le même aussi dans les deux plantes. Toutes les feuilles reçoivent uniformément trois faisceaux et les bractées de l'inflorescence un seul faisceau. L'individu qui nous occupe était dextre. Il a été coupé depuis le nœud cotylédonaire jusqu'à l'inflorescence, ce qui a permis de constater que le groupe B contenait dix-sept faisceaux, tandis que les trois autres groupes n'en contenaient que neuf, dix ou treize (fig. 72).

Les divergences foliaires sur la pousse de seconde année sont les suivantes :

Feuilles	Divergences	
Feuille 19 > Feuille 20	140°	Divergence moyenne : 137° 24', soit très sensiblement $^{3}/_{8}$.
Feuille 20 > Feuille 21	133°	
Feuille 21 > Feuille 22	140°	
Feuille 22 > Feuille 23	140°	
Feuille 23 > Feuille 24	134°	

Histologie de la tige. L'histologie de la tige du *D. Staphysagria* diffère à peine de celle du *D. Ajacis;* toutefois :

1° La moelle ne se résorbe pas et persiste dans toute la plante;

2° Les massifs de fibres sclérifiées qui accompagnent le liber dans la partie moyenne et la partie supérieure de la tige sont plus allongés radialement;

3° Le tissu fondamental externe n'est pas sclérifié;

4° L'épiderme porte une grande quantité de poils tous unicellulaires, les uns effilés, les autres ventrus à leur base. Ces derniers sont très nombreux et persistants sur toute l'étendue de la tige.

Histologiquement, la tige du *D. Staphysagria* se distingue donc de celle du *D. Ajacis* et du *D. consolida* par la présence de poils ventrus très nombreux, par l'allongement radial des massifs de fibres sclérifiées adjacents au liber et par l'absence de cavité médullaire.

Histologie des feuilles. Le pétiole, très long, mesure en moyenne 25 centimètres de longueur. Nervation palmée, présentant sept lobes principaux profondément découpés; limbe mesurant 1 décimètre de haut sur 2 décimètres de largeur. Vers le milieu, le pétiole est fistuleux, sa section transversale quadrangulaire aux angles arrondis, contient sept faisceaux, dont quatre plus gros occupant les angles. Faisceaux, mêmes caractères que ceux de la tige (fig. 73).

Vers le milieu du limbe, une coupe transversale montre (fig. 74) :

Épiderme à cuticule lisse, stomates très nombreux à la face externe ou inférieure, formés comme dans le *D. Ajacis* et *D. consolida* de deux cellules de bordure au niveau de la surface. Vues de face, les cellules épidermiques présentent des contours sinueux. Poils de deux sortes, les uns unicellulaires, droits, effilés; les autres ventrus à leur base contenant du protoplasme granuleux et un noyau.

Le mésophylle contient une seule couche de cellules en palissade mesurant $0^{mm},02$ et un parenchyme spongieux lacuneux, $0^{mm},375$; grands méats.

A l'extrémité de chaque dent du limbe se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est munie d'un ou deux stomates aquifères semblables à ceux décrits pour le *D. Ajacis*.

QUATRIÈME PARTIE.

DELPHINIUM ELATUM.

L'embryon, logé dans l'angle supérieur de la graine, mesure, en moyenne, 0mm,99 de longueur sur 0mm,40 de largeur. Cette espèce vivace a été étudiée aux stades suivants :

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Au stade II (correspondant au stade II du *D. Ajacis*), l'axe hypocotylé du *D. elatum* mesure, dans les conditions normales de végétation, 1 centimètre au maximum; les pétioles cotylédonaires très longs, au contraire, mesurent en moyenne 3 centimètres; à leur base ils sont concrescents sur une longueur de 1 centimètre. En faisant germer des graines à l'obscurité, on peut obtenir des axes hypocotylés plus longs mesurant 3 centimètres et les pétioles cotylédonaires peuvent atteindre alors 5 centimètres.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.* Même structure que dans le *D. Ajacis.*

B. *Région d'insertion des cotylédons.* Cette insertion dans le *D. elatum* est la même que dans le *D. Ajacis;* ce qui diffère, c'est l'étendue de la région de contact, les premiers éléments centrifuges apparaissant 1/2 millimètre environ en dessous du nœud cotylédonaire.

Le niveau correspondant à la figure 14 qui se trouvait à 3 milli-

mètres en dessous du nœud cotylédonaire dans le *D. Ajacis*, se retrouve, dans le *D. élatum*, à cinq ou six coupes seulement en dessous de la sortie des faisceaux cotylédonaires; en outre, le nombre des éléments ligneux, tant centripètes que centrifuges, est moindre ici que dans le *D. Ajacis*. Dans des plantules développées à l'obscurité, l'axe hypocotylé avait pris un allongement notablement plus grand; cependant j'ai constaté dans ces plantules que la région de contact ne s'était pour ainsi dire pas allongée : elle était toujours notablement plus courte que dans les *D. Ajacis*, *consolida* et *Staphysagria*.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 75).

Les trois premières feuilles sont visibles extérieurement; l'axe hypocotylé, presque entièrement aérien, commence à se rider transversalement à la surface. La partie inférieure sous terre ne mesure que 2 à 3 millimètres seulement.

STRUCTURE.

A. Milieu de l'axe hypocotylé.

Faisceau bipolaire : les zones cambiales ont produit des lames de bois secondaire plus ou moins découpées au lieu des massifs continus; le péricycle s'est recloisonné de façon à donner naissance à deux zones de cambiforme reliant les arcs cambiaux (fig. 85).

B. Nœud cotylédonaire.

Les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, sont moins bien séparés que dans les autres *Delphinium* avant la sortie des faisceaux cotylédonaires. Les faisceaux A et D restent simples tan-

dis que les faisceaux B et C se divisent au-dessus du nœud cotylédonaire.

Dans le *D. elatum*, la section du premier entre-nœud de la tige ne renferme que huit faisceaux, tandis qu'au même niveau des *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*, il y en a vingt et un ou vingt-trois. Les faisceaux latéraux ne sont jamais, à part quelques exceptions, fournis par les réparateurs voisins du médian, mais par les réparateurs les plus éloignés, de sorte qu'il y a croisement des sortants latéraux d'un nœud à l'autre, comme dans le *Ranunculus arvensis* (figures 79, 80, 81). Des anastomoses s'observent dans la moitié supérieure des nœuds. Toutes les feuilles, à partir de la feuille 1, reçoivent trois faisceaux (LML), excepté les bractées supérieures (fig. 82). Les feuilles s'insèrent tout autour de la tige par une base engainante qui se rétrécit plus haut en un pétiole (fig. 86). Les angles de divergence foliaire, mesurés sur une spire dextre, ont été trouvés les suivants :

Cot. *a*		
	> 160°	
Cot. *p*		
	> 90°	
Feuille 1		
	> 175°	
Feuille 2		
	> 136°	Divergence moyenne : 3/8.
Feuille 3		
	> 150°	
Feuille 4		
	> 138°	
Feuille 5		
	> 153°	
Feuille 6		
	> 158°	
Feuille 7		
	> 152°	
Feuille 8		

STADE IV.

Plantule à la fin de la première année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 76).

A la fin de la première année, les plantules du *D. elatum* sont beaucoup moins fortes que celles du *D. Staphysagria*; elles ont développé une douzaine de feuilles, dont les premières n'existent

plus; le bourgeon terminal n'est pas protégé par des feuilles périulaires. L'axe hypocotylé et les six premiers segments de la tige sont enfoncés dans le sol.

Des bourgeons axillaires sont déjà très apparents aux nœuds 3, 4 et 5. Ils restent longtemps latents et ne se développent que pour remplacer la tige principale qui aura fleuri dans le cours de la seconde année.

OBSERVATIONS BIOLOGIQUES.

Nous venons de signaler qu'au stade III l'axe hypocotylé était presque entièrement aérien, tandis qu'au stade IV il est complètement enterré avec les six premiers segments caulinaires. Par des observations faites avec soin j'ai constaté que des axes hypocotylés normalement développés, qui portaient le nœud cotylédonaire à 1 centimètre et demi au-dessous du sol, se sont enfoncés en terre au point que le nœud cotylédonaire à été ramené au niveau du sol ; six semaines ont suffi pour arriver à ce résultat. Le mécanisme de cet enfoncement doit être recherché dans la contraction longitudinale de la racine principale. Des expériences de plasmolyse résumées dans le tableau suivant le démontrent d'une façon évidente.

La plantule représentée par la figure 77 a servi de sujet. L'axe hypocotylé a été isolé et la racine principale partagée en quatre tronçons. Ces cinq parties ont été successivement déposées dans de l'eau, dans une solution de nitrate de potasse, puis finalement dans de l'eau encore. La longueur de ces parties a été chaque fois mesurée très exactement ([1]).

([1]) Il n'est pas aisé d'obtenir la longueur exacte de petits fragments courbés et plus ou moins tortueux dont la forme change par l'action de l'eau et des liquides plasmolysants. Le procédé suivant, qui m'a été indiqué par M. le professeur Gravis, lève toutes les difficultés : après l'avoir exposé pendant un certain temps à l'action d'un réactif, l'objet est dessiné à la chambre claire, au grossissement de 10 diamètres; les dessins sont ensuite mesurés au moyen d'une sorte de curvimètre et les longueurs trouvées sont divisées par dix.

Nos des portions (voir figure 77).	Au sortir du sol faiblement h' mide. 1.	Après 3 heures dans l'eau distillée. 2.	Après 20 heures dans l'eau distillée. 3.	Après 4 heures dans nitrate de potasse à 10 %. 4.	Après 3 heures dans nitrate de potasse saturé. 5.	Après 20 heures dans nitrate de potasse saturé 6.	Allongement dans la solution saline 7.	Après 4 h. dans nitrate de potasse de 10 %. 8.	Après 4 heures dans l'eau distillée 9.	Après 20 heures dans l'eau distillée 10.	Raccourcissement dans l'eau. 11.
1 axe hypoc.	mm 4,75	mm 4,75	mm 4,7	mm 4,7	mm 4,7	mm 4,75	Pas de changement sensible.	mm 4,75	mm 4,75	mm 4,7	Pas de changement sensible.
2	11,75	11,5	11,3	11 4	11,6	11,7	3,5 %	11,6	11,5	11,5	1,8 %
3	11,2	11,2	11,05	11,3	11,45	11,45	3,48 %	11,4	11,2	11,1	3,15 %
4	8,5	8,45	8,3	8,4	8,55	8,5	2,35 %	8,5	8,35	8,4	1,17 %
5	10,9	11,5	11,2	11,1	11,2	11,25					

Les objets, au sortir du sol faiblement humide, ont été maintenus dans l'eau un temps suffisant pour leur faire prendre toute la turgescence dont ils étaient capables. Soit l la longueur de l'objet à ce moment (voir 3e colonne du tableau). L'action du KNO^3 a été ensuite graduée et suffisamment prolongée pour produire tout son effet. La longueur est alors devenue L (voir 6e colonne). La différence $L-l$ a été calculée en pour cent et cette valeur a été inscrite dans la 7e colonne. On a opéré de même pour le raccourcissement dans l'eau distillée dont la valeur a été inscrite dans la 11e colonne.

D'après ce tableau on voit que la longueur de l'axe hypocotylé est restée sensiblement constante; la racine principale, hormis sa portion la plus jeune (portion n° 5), se raccourcit par une augmentation de turgescence et s'allonge par une diminution de turgescence. De ces propriétés résultent la contraction longitudinale de la racine et l'enfoncement de la plantule.

Dans les *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*, espèces annuelles et bisannuelles, l'axe hypocotylé s'enterre également mais le nœud cotylédonaire reste au niveau du sol.

STADE V.

Plante durant la seconde année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS (fig. 78).

Nour venons de faire connaître, au stade IV, la plante à la fin de la première année. La tige principale passe l'hiver et au printemps suivant continue son développement. Les individus, à la fin de la seconde année, ne sont pas tous également développés, les uns fleurissent les autres ne fleurissent pas. Une plante florifère, à la fin de la seconde année, mesure environ 60 centimètres de hauteur, et porte de dix-huit à vingt feuilles, plus les bractées de l'inflorescence. Ajoutons que parmis les individus de semis, il y a des tiges dextres et des tiges sénestres.

STRUCTURE.

Nous allons considérer plus particulièrement une plante vigoureuse. Dans sa tige principale, on peut distinguer deux régions :

1° Une région souterraine, correspondant à la pousse de la première année; elle a perdu ses feuilles et s'est enfoncée par la contraction des racines; elle mesure une longueur de 3 $^1/_2$ centimètres et renferme dix à onze segments avec bourgeon axillaire développé aux nœuds 1, 2, 3, 9, 10 et 11.

2° Une région aérienne florifère correspondant à la pousse de la deuxième année; elle compte 8 ou 9 segments. Nous ferons observer que dans cet individu dextre, le groupe B de la partie aérienne comprend six faisceaux tandis que les groupes A, C et D n'en contiennent que deux ou trois (parcours, fig. 87).

Nous nous bornerons à indiquer les caractères histologiques.

A. *Axe hypocotylé* (fig. 88). Le centre correspond à la partie décrite au stade de la plantule à la fin de la première année. A la fin de la deuxième année, la zone génératrice est en partie cambiale et en partie cambiforme. Les massifs de B^2, composés de vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaisses, sont séparés

par un tissu parenchymateux abondant engendré par le cambiforme. Parenchyme cortical décortiqué à la surface du suber.

B. *Partie inférieure souterraine de la tige.* Une coupe transversale pratiquée dans l'entre-nœud 2, à la base de la tige principale, montre sept faisceaux composés de bois primaire et de bois secondaire formant de longues traînées radiales. Les sept zones cambiales sont réunies par autant de ponts de cambiforme qui ont produit entre les faisceaux du parenchyme secondaire, tant vers l'extérieur que vers l'intérieur, le parenchyme interne étant beaucoup plus développé que l'externe. Une décortication s'est produite par suite de ce commencement de tubérisation.

C. *Partie aérienne.* A mesure qu'on approche de la partie aérienne les productions secondaires diminuent et la tige comprend un plus grand nombre de faisceaux; ceux-ci ne sont pas réunis latéralement par leurs productions secondaires.

Une coupe transversale faite dans l'entre-nœud 13 nous montre :

Une douzaine de faisceaux parmi lesquels on distingue parfaitement la trace foliaire. Chaque faisceau est composé de bois primaire (trachées entremêlées de fibres à parois minces) et de bois secondaire peu développé (vaisseaux entremêlés de fibres à parois épaissies); zone cambiale et liber. Contre celui-ci, un massif de fibres sclérifiées. Les faisceaux constituant la trace foliaire contiennent peu de bois secondaire. Au centre de la tige, une petite lacune. Vers l'extérieur, tissu fondamental primaire externe et l'épiderme portant des poils simples, droits et effilés.

STADE VI.

Plante adulte.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE LA TIGE.

Quand la partie aérienne de la tige principale, que nous venons de décrire au stade V, a fructifié, elle se détruit. Les bourgeons axillaires se trouvant sur la partie souterraine hivernent et au

printemps suivant se développent pour donner naissance à des tiges que nous appellerons tiges primaires. Ces dernières développent elles-mêmes des bourgeons qui donneront naissance, l'année suivante, à de nouvelles tiges semblables. La plante se ramifie donc par la base, de sorte qu'il en résulte des touffes serrées. Toutes les portions souterraines de ces tiges s'épaississent, persistent pendant plusieurs années et finissent par se détruire graduellement. Il n'existe donc ni rhizome ni drageon : la touffe est cespiteuse.

Le *D. elatum* adulte atteint une grande taille : une tige primaire récoltée au Jardin botanique le 17 juin 1894, mesurait une hauteur de $2^{m},30$ et portait cinquante-quatre feuilles plus les bractées de l'inflorescence; cette dernière mesurait 80 centimètres de longueur.

Nous avons constaté que les tiges d'une même souche sont les unes dextres les autres sénestres.

STRUCTURE DE LA TIGE.

A. *Région souterraine* (fig. 89). La section mesure 15 millimètres de diamètre. Au centre, une moelle abondante occupant les deux tiers du diamètre total; quatre-vingts faisceaux disposés en six groupes. Ceux-ci sont délimités par les faisceaux médians des cinq feuilles prochaines. Le bois secondaire réunit tous les faisceaux d'un même groupe; il est composé de vaisseaux et de fibres à parois épaissies; zone de cambium; liber surmonté d'un massif de fibres fortement sclérifiées. Après la sortie d'un faisceau foliaire médian, les deux groupes réparateurs voisins s'anastomosent pour se diviser ensuite en deux groupes séparés par un nouveau foliaire médian.

B. *Milieu de la tige* (au niveau où les feuilles sont les plus développées) : soixante-cinq faisceaux parfaitement individualisés. Le parcours a été étudié dans trois segments consécutifs. Dans cette région, les faisceaux marchent parallèlement; à chaque nœud la feuille reçoit trois faisceaux; quelques anastomoses en ogive au-dessus des sortants (fig. 83, parcours).

Une coupe transversale faite dans un entre-nœud de cette région fournit les caractères suivants (fig. 90) : Le diamètre de la coupe mesure 10 millimètres; la moelle a complètement disparu, laissant au centre une cavité comprenant plus des deux tiers du diamètre total. La constitution des faisceaux est à peu près la même que celle décrite et figurée pour le *D. Ajacis.*

C. *Inflorescence* (fig. 91). A chaque nœud, un seul faisceau se rend dans la bractée. L'insertion des faisceaux gemmaires n'offre ici rien de particulier : elle se fait de la même manière que celle décrite pour le *D. Ajacis.*

Quant à l'histologie, elle diffère peu de celle du milieu de la tige, à part que l'épiderme porte un grand nombre de poils tous unicellulaires, droits, effilés, ce qui donne à l'inflorescence un aspect velu.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DE LA FEUILLE.

La feuille est très developpée, palmée, présentant cinq lobes principaux ; ceux-ci assez profondément découpés. Ces découpures portent elles-mêmes de petites dents. La feuille est munie d'un pétiole qui mesure 2 décimètres. Le limbe mesure généralement 13 centimètres de longueur sur 18 centimètres de largeur.

STRUCTURE DE LA FEUILLE.

Toutes les feuilles indistinctement reçoivent trois faisceaux, excepté les bractées de l'inflorescence qui en reçoivent un seul.

La divergence foliaire moyenne est de 136° 20′, soit sensiblement $^3/_8$.

Milieu du pétiole. Fistuleux, forme triangulaire aux angles arrondis. Vingt-deux faisceaux dont trois gros occupant les angles, les autres de dimensions variables (fig. 92). Les faisceaux ont les mêmes caractères que ceux de la tige.

Milieu du limbe (fig. 84). Épiderme à cuticule lisse, stomates

nombreux à la face externe ou inférieure seulement, cellules stomatiques au niveau de la surface et surmontées de deux replis saillants de la cuticule. Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contour sinueux ; les stomates du type *Ranunculus* sont sans cellules annexes. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés, se rencontrant aux deux faces. Pas de poils ventrus. Mésophylle nettement hétérogène. Une seule couche de cellules en palissade, longue de $0^{mm},043$. Parenchyme spongieux très lacuneux ; cellules irrégulières ; grands méats. Chlorophylle répartie dans tout le mésophylle. Pas de cristaux. A l'extrémité de chaque dent se trouve une glande à eau sous l'épiderme supérieur. Cette glande est ordinairement munie d'un ou deux stomates aquifères semblables à ceux décrits chez les *D. Ajacis*, *Staphysagria* et *consolida*.

RÉSUMÉ.

Les *Delphinium Ajacis, consolida, Staphysagria* et *elatum* possèdent un embryon mesurant de 0mm,9 à 1 millimètre de longueur sur 0mm,3 à 0mm,4 de largeur, logé dans l'angle supérieur de la graine; l'albumen est abondant; les cotylédons sont distants, c'est-à-dire séparés l'un de l'autre par une mince couche d'albumen (¹).

Dans les premiers stades de la germination, un faisceau bipolaire à développement centripète se différencie dans toute l'étendue de l'axe hypocotylé. Au stade I, les pôles ligneux sont marqués par une seule trachée; en même temps une trachée apparait dans chacun des faisceaux cotylédonaires dont le développement ultérieur sera centrifuge. Les deux trachées de l'axe hypocotylé viennent en contact, en dessous du nœud cotylédonaire, avec les deux trachées cotylédonaires.

Au stade II, lorsque les cotylédons sont complètement développés et que les faisceaux des feuilles 1 et 2 sont différenciés, la région d'insertion comprend :

1° Le contact entre le bois centripète de l'axe hypocotylé et le bois centrifuge des faisceaux cotylédonaires depuis 4 millimètres en dessous du nœud cotylédonaire jusque dans le milieu des pétioles cotylédonaires (peut-être même dans tout le pétiole);

2° Le contact des faisceaux de la tige principale avec le faisceau de l'axe hypocolyté : ce contact se fait en dessous du nœud cotylédonaire.

Cette région d'insertion, telle qu'elle vient d'être résumée, se reconlre dans les *D. Ajacis, consolida* et *Staphysagria*. Dans le *D. élatum*, elle est plus courte, les premiers éléments centrifuges apparaissent seulement un demi-millimètre en dessous du nœud cotylédonaire.

(¹) A.-P. de Candolle, dans sa monographie des Renonculacées du Prodrome, assigne un caractère semblable aux *Clématis* de la section *Flammula*, mais n'en fait pas mention pour le genre *Delphinium*.

Les faisceaux de la tige principale, dans les quatre *Delphinium* étudiés, débutent sous le nœud cotylédonaire par six faisceaux dont quatre réparateurs (A, B, C, D) et deux foliaires (M^1 et M^2) destinés aux feuilles 1 et 2.

Dans trois espèces, *D. Ajacis*, *consolida* et *Staphysagria*, les faisceaux réparateurs se divisent avant d'arriver dans le nœud cotylédonaire de façon qu'ils constituent quatre groupes à la sortie des faisceaux cotylédonaires.

Quant au parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige, il est sensiblement le même dans les espèces annuelles et bisannuelles. Dans toute l'étendue des entre-nœuds, les faisceaux marchent parallèlement. Aux nœuds, trois faisceaux se rendent dans les feuilles, excepté pour les *D. Ajacis* et *consolida* où la feuille 1 reçoit un ou deux faisceaux; la feuille 2, deux ou trois faisceaux; les autres feuilles dans le *D. Ajacis* reçoivent trois, quatre, cinq, et même six faisceaux. A la sortie des faisceaux foliaires, les autres faisceaux de la tige se divisent pour remplacer les faisceaux sortants.

Des anastamoses se produisent au-dessus de ces sortants, mais ne se présentent pas d'une façon constante à chaque nœud. La tige principale porte un nombre variable d'appendices suivant les individus. Considérée dans son ensemble, la tige présente cinq régions :

1° La région de l'axe hypocotylé;

2° Une région dont les segments sont de plus en plus larges, ces segments portent des appendices de plus en plus développés;

3° Une région dite à structure constante, dont les appendices sont également développés; faisceaux de la tige en nombre sensiblement constant, trace foliaire à peu près la même dans tous les entre-nœuds;

4° Une région dont les segments se simplifient : la largeur du segment, le nombre des faisceaux et le développement des appendices diminuent graduellement;

5° L'inflorescence.

Dans le *D. élatum*, espèce vivace, on retrouve les mêmes régions, les deux premières sont souterraines, les trois autres

aériennes. Dans cette espèce, les quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D ne sont pas divisés au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires; ce n'est que vers le segment 9 (au-dessus du sol) que ces quatre réparateurs se divisent, formant quatre groupes analogues à ceux des *Delphinium* annuels et bisannuels. A la base de la tige, des anastomoses très fréquentes se produisent aux nœuds; les premiers nœuds sont très rapprochés.

Dans toute l'étendue du *D. elatum*, les feuilles reçoivent uniformément trois faisceaux, sauf les dernières bractées de l'inflorescence; à la base des tiges primaires, secondaires, etc., de cette plante, il y a des groupes réparateurs et non quatre faisceaux A, B, C, D.

Des individus adultes de *D. Ajacis, consolida, Staphysagria* et *elatum*, étudiés depuis le nœud cotylédonaire jusque l'inflorescence, ont permis de constater que l'un des groupes antérieurs, le groupe B, était plus divisé et comprenait par conséquent plus de faisceaux que les autres, quand la spire phylotaxique était dextre; au contraire c'était le groupe A qui comprenait le plus de faisceaux quand la plante était sénestre.

Les quatre espèces citées plus haut renferment des individus dextres et des individus sénestres.

Histologiquement, le *D. consolida* se distingue du *D. Ajacis* en ce que tous ses tissus sont plus fortement sclérifiés : tout se colore en jaune par le chlorure de zinc iodé, sauf l'hypoderme et le liber.

Les tiges du *D. Staphysagria* se distinguent de celles des *D. Ajacis* et *consolida* par la présence de poils ventrus si nombreux, par l'allongement radial des massifs de fibres sclérifiées adjacentes au liber et par l'absence de cavité médullaire.

Quant au *D. elatum*, la tige principale présente une partie souterraine qui tend à se tubériser, le Tf^2 se développe abondamment, le B^2 se développe et se dispose en minces lames radiales. Dans les tiges primaires de l'adulte, le nombre des faisceaux est considérable.

Tiges axillaires. Les bourgeons de la région inférieure des tiges aériennes restent latents, les autres se développent en

rameaux feuillés terminés par une inflorescence; le nombre de ces dernières dépend de la vigueur de la plante. Les bourgeons de la portion souterraine et vivace du *D. elatum* ne se développent que la seconde année pour former les tiges de remplacement.

Les faisceaux du premier entre-nœud d'une tige axillaire proviennent de la ramification de deux faisceaux gemmaires qui, dans la tige mère, sont les plus voisins du faisceau foliaire médian; à part quelques exceptions rencontrées dans le *D. Ajacis*, il n'y a donc généralement que deux faisceaux gemmaires.

Feuilles. Les appendices (cotylédons, feuilles et bractées) sont en nombre variable d'une tige à une autre et appartiennent à cinq catégories qui correspondent aux cinq régions distinguées dans les tiges. Le nombre des faisceaux foliaires sortant dans un appendice va d'abord croissant de 1 à 3, 4, 5 ou 6, puis il diminue pour se réduire à l'unité.

Cette complication et cette simplification successives des feuilles est évidemment en relation avec la structure de la tige principale qui va en se compliquant du bas jusque vers le milieu pour se simplifier ensuite.

Les feuilles sont insérées suivant une spire dextre ou sénestre. L'angle de divergence des premiers appendices varie considérablement. Dans la région moyenne de la tige, l'angle de divergence dans les espèces étudiées est sensiblement constant et mesure en moyenne 135°, soit $^3/_8$ de circonférence.

Dans les *Delphinium*, les feuilles reçoivent de un à six faisceaux, savoir : un médian, deux latéraux et un, deux ou rarement trois petits faisceaux intermédiaires; ces feuilles ne reçoivent jamais de la tige des faisceaux marginaux. Toutefois, dans le pétiole des *Delphinium* il existe deux faisceaux marginaux qui ne rentrent pas dans la tige mais qui se jettent sur les latéraux à la base du pétiole. Dans les *Thalictrum*, au contraire, M. Mansion a constaté l'existence de faisceaux marginaux nombreux passant de la tige à la feuille; on sait d'ailleurs que les *Thalictrum* ont des feuilles engainantes.

PLANCHES.

PLANCHE I.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

DELPHINIUM AJACIS L.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Section longitudinale de la graine, montrant l'embryon dans l'albumen (texte p. 5).

Fig. 2. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 6).

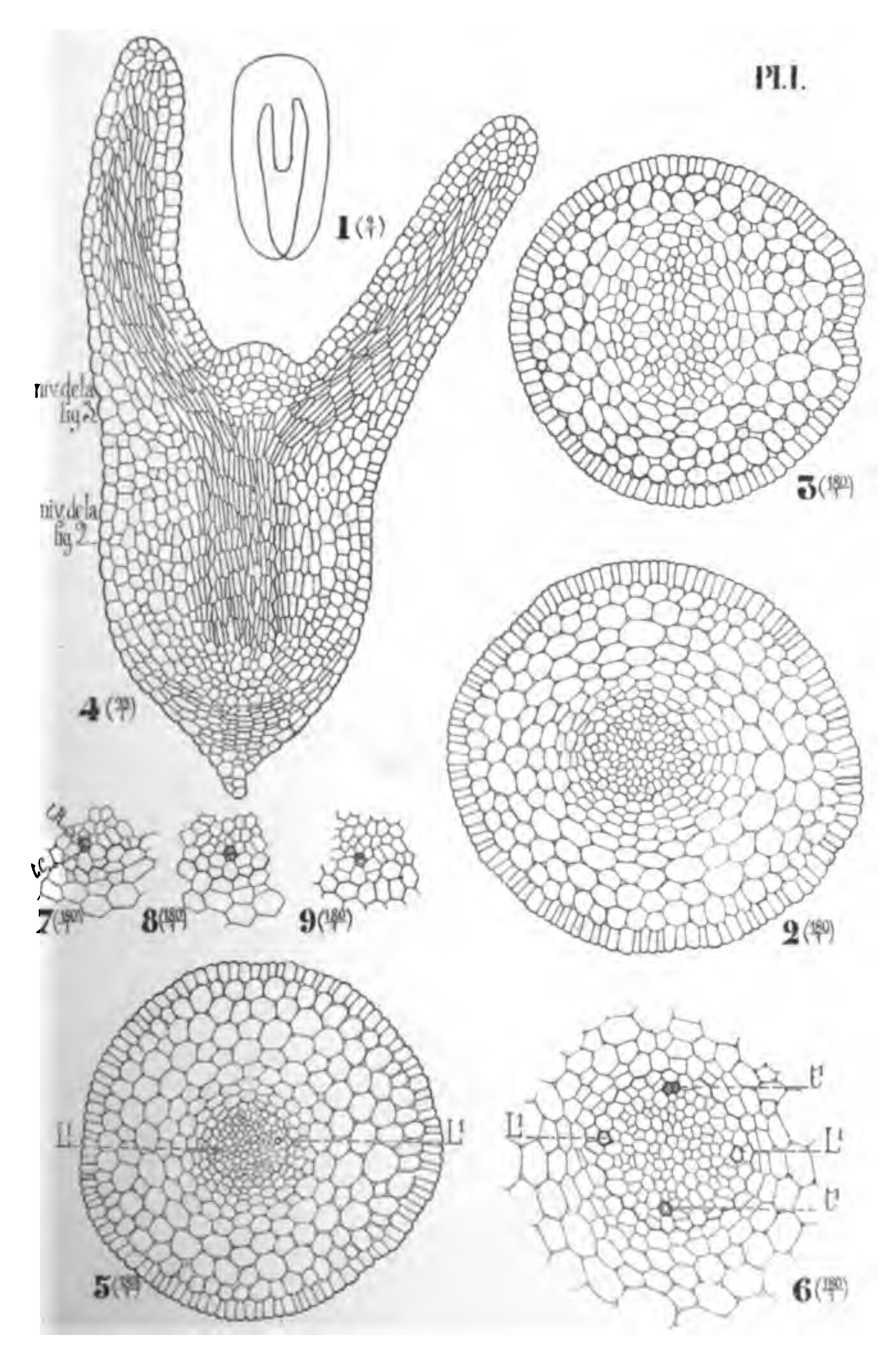
Fig. 3. — Région supérieure du même (p. 6).

Fig. 4. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 7).

Stade I de la germination.

Fig. 5. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 8).

Fig. 6, 7, 8 et 9. — Région supérieure des cotylédons du même (p. 8).



D. AJACIS L. Fig. 1 à 4 : Embryon dans la graine.

C. Lenfant ad. nat. del. Fig. 5 a 9 : Stade I de la germination.

PLANCHE II.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

DELPHINIUM AJACIS L.

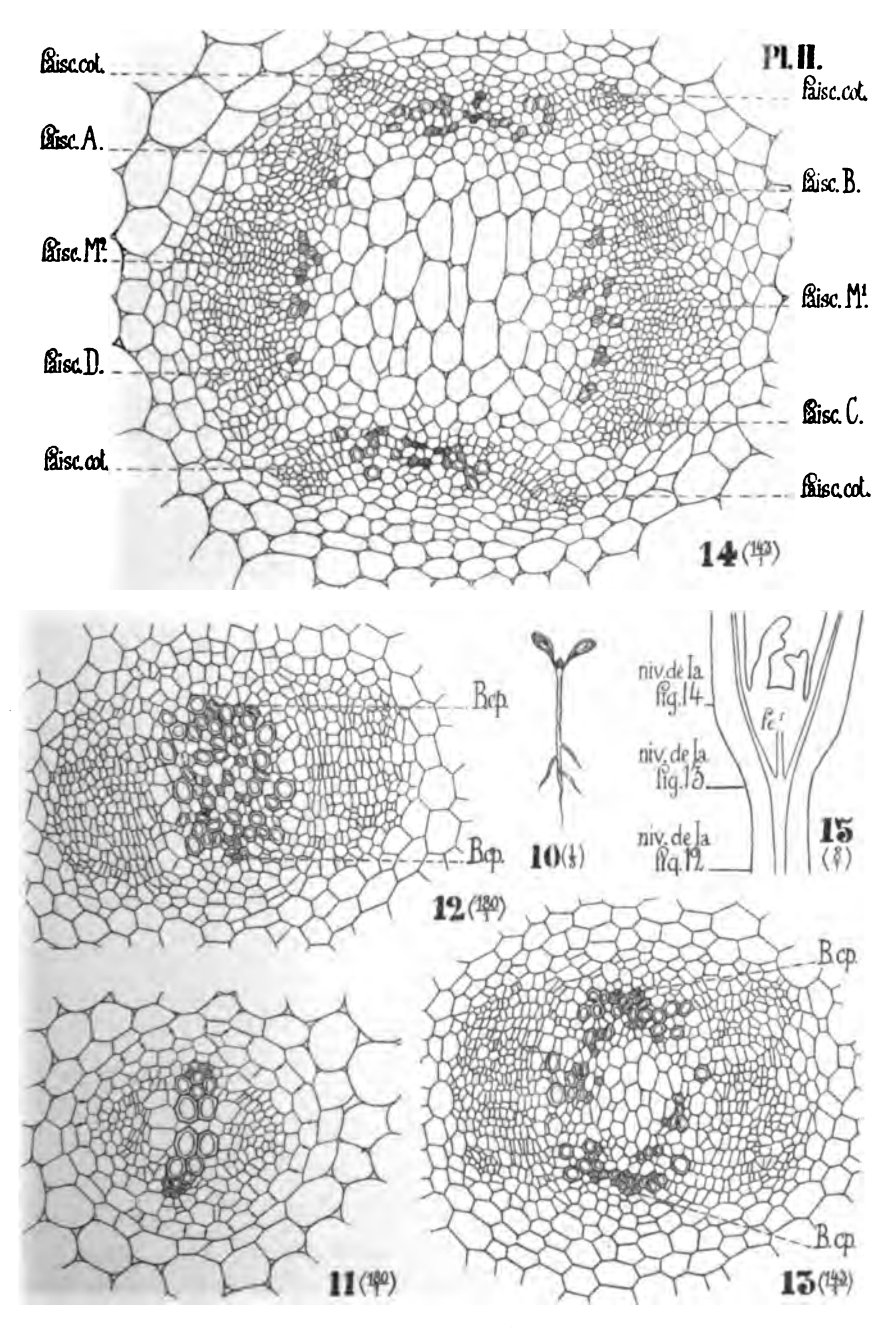
Stade II de la germination.

Fig. 10. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 9).

Fig. 11. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 9).

Fig. 12, 13 et 14. — Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale du même, à partir de 4 millimètres sous le nœud cotylédonaire. Ces figures représentent trois niveaux choisis dans une série de coupes successives de manière à montrer le bois centripète (B. cp.) en contact avec les faisceaux cotylédonaires (faisc. cot.), ainsi que l'origine des faisceaux réparateurs A, B, C, D et des faisceaux foliaires M[1], M[2] (p. 10).

Fig. 15. — Coupe longitudinale de la partie supérieure d'une plantule semblable à celle de la figure 10 (p. 11).



D. AJACIS L. Fig. 10 à 15 : Stade II de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE III.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

DELPHINIUM AJACIS L.

Stade III de la germination.

Fig. 16. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 11).

Fig. 17, 18 et 19. — Coupes transversales à la base, au milieu et au sommet d'un pétiole cotylédonaire (p. 12).

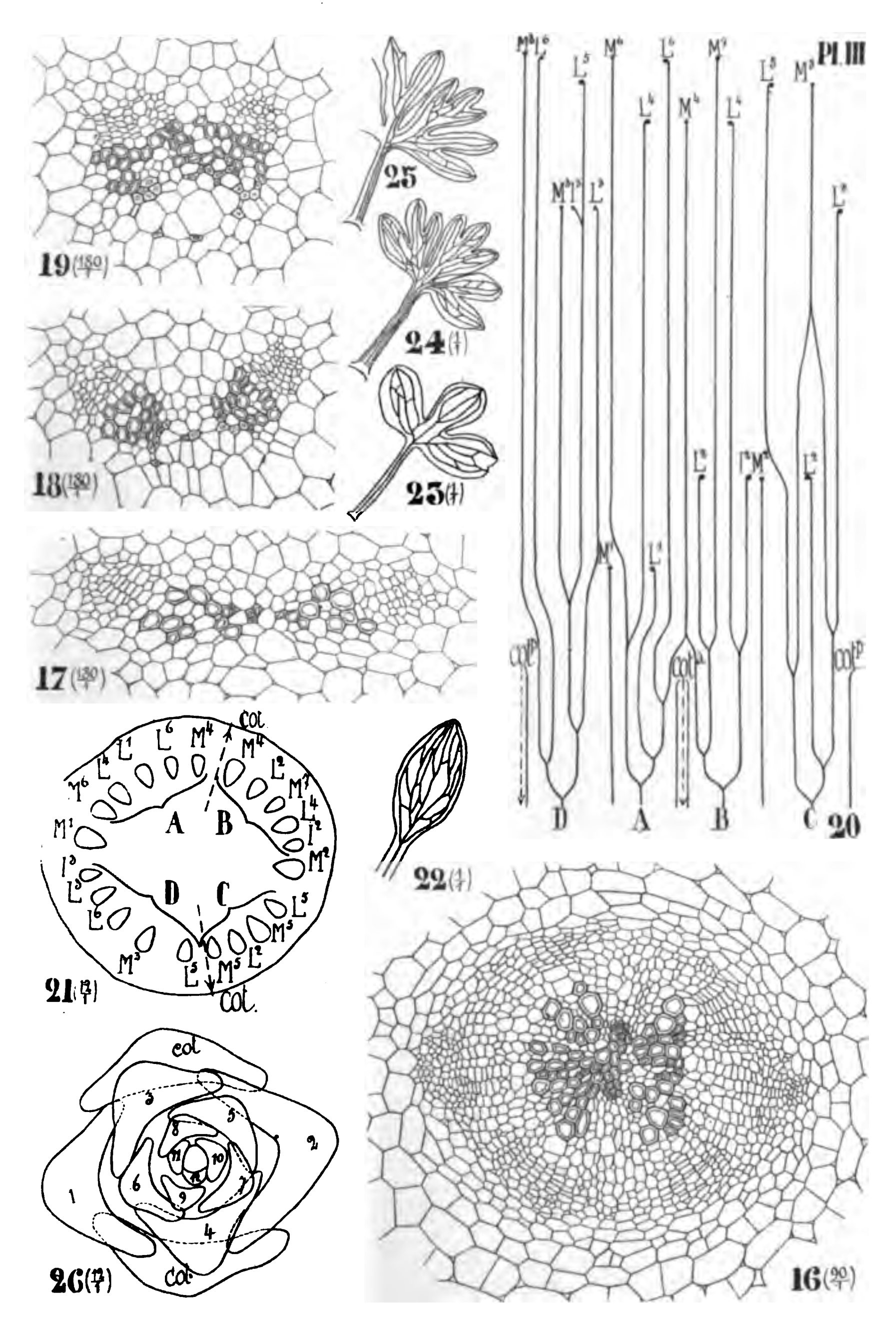
Fig. 20. — Parcours des faisceaux dans la tige principale (p. 12).

Fig. 21. — Coupe transversale de l'entre-nœud 1 (p. 12).

Fig. 22. — Cotylédon (p. 12).

Fig. 23, 24 et 25. — Feuille [1], feuille [2], feuille [3] (p. 13).

Fig. 26. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif. Disposition des appendices (p. 13).



D. AJACIS L. Fig. 16 à 26 : Stade III de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE IV.

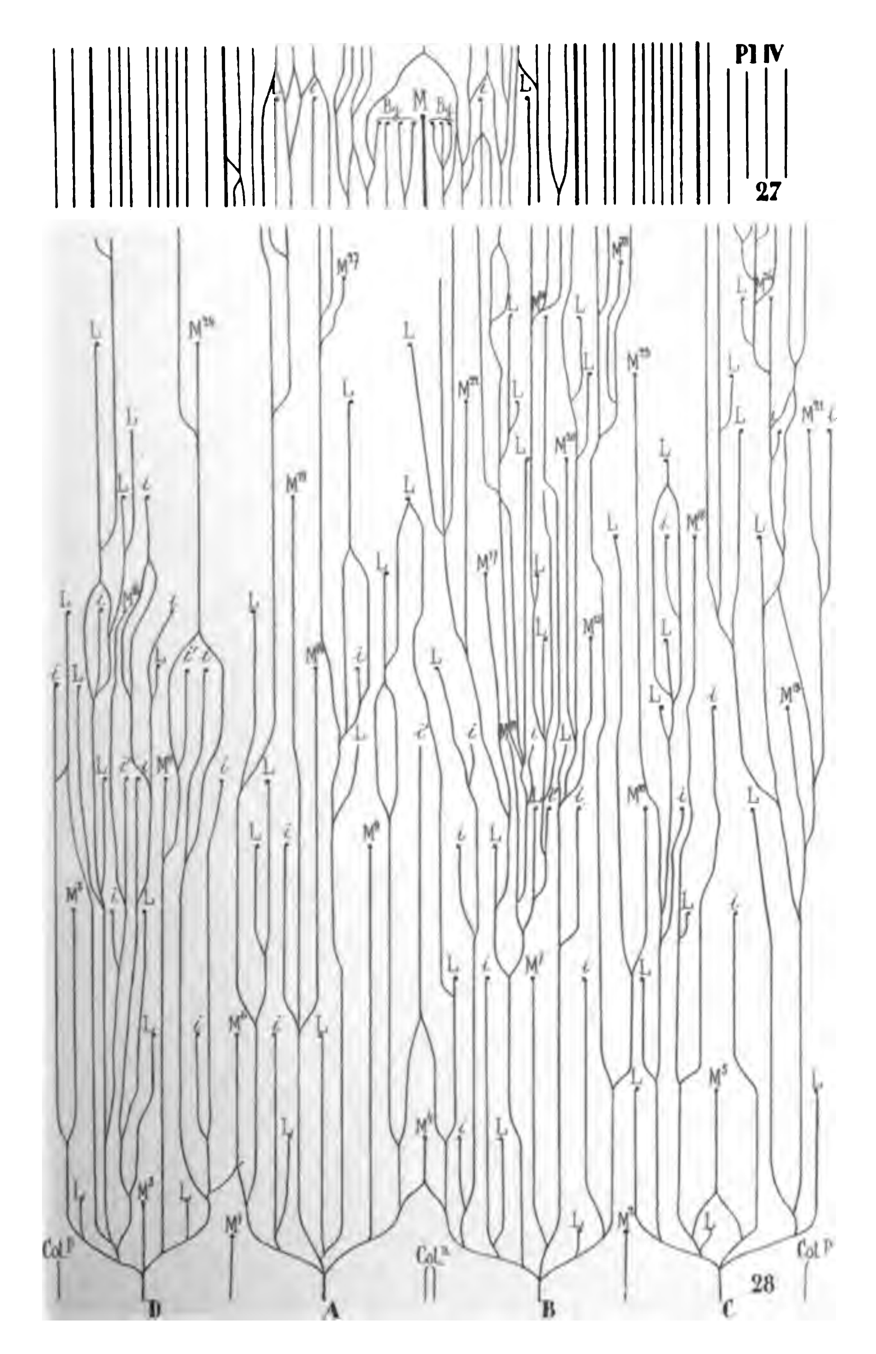
EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Tige.)

Fig. 27. — Parcours des faisceaux dans un nœud (p. 15).

Fig. 28. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige (p. 15).



D. AJACIS L. Fig. 27 et 28: Plante Adulte (Tige)

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Tige.)

Fig. 29 et 30. — Entre-nœud ^{18} d'une tige dextre et d'une tige sénestre montrant l'allure générale des groupes A, B, C, D (p. 16).

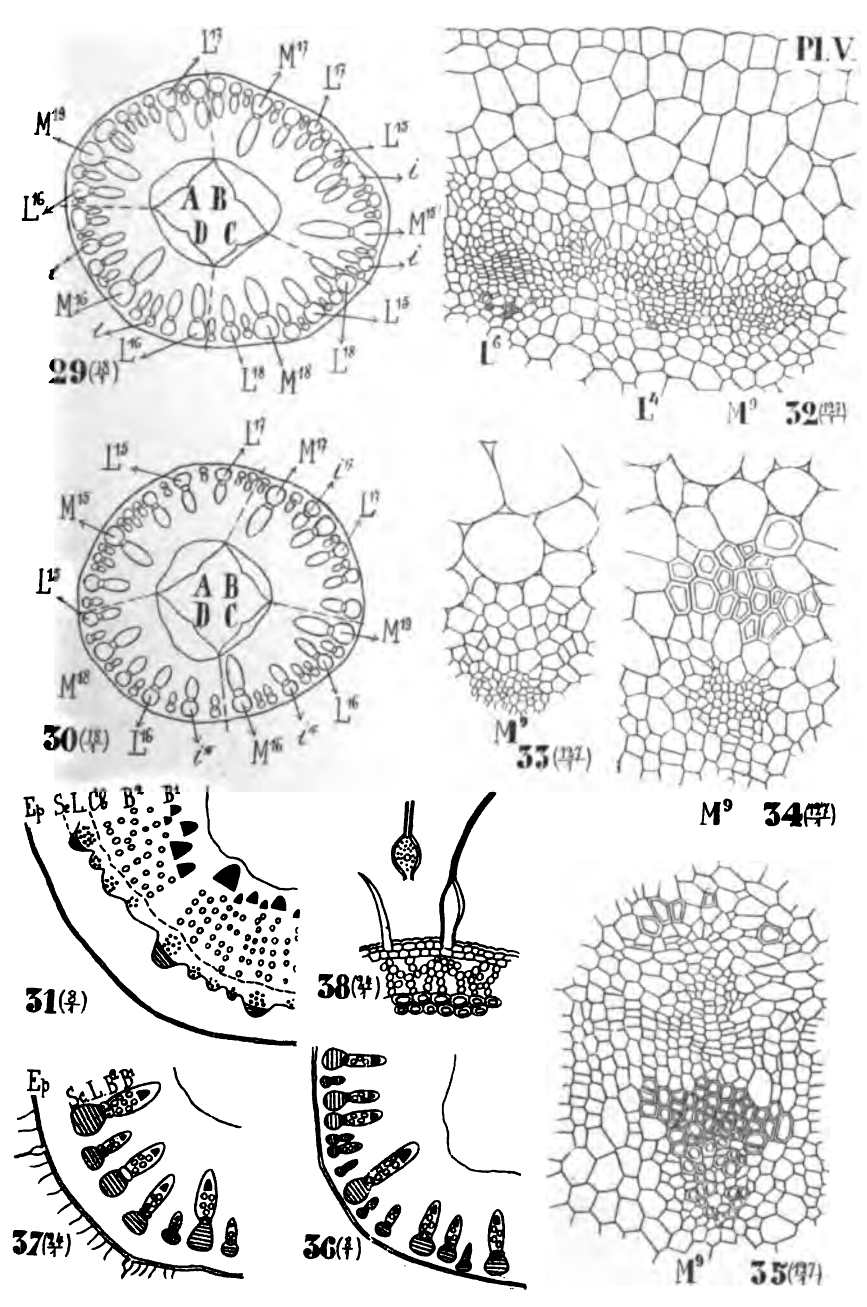
Fig. 31. — Coupe transversale pratiquée à la base de la tige principale (entre-nœud ^{2}) (p. 17).

Fig. 32, 33, 34 et 35. — Portions de coupes transversales dans l'entre-nœud ^{2}, provenant de plantules de plus en plus âgées montrant la différenciation progressive des tissus (p. 18).

Fig. 36. — Coupe transversale de l'entre-nœud ^{13} (comparer à la figure 31) (p. 18).

Fig. 37. — Coupe transversale dans l'axe de l'inflorescence (p. 19).

Fig. 38. — Poil (p. 19).



D. AJACIS L. Fig. 29 à 38 : Plante Adulte (Tige).

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE VI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plante adulte. (Feuille.)

Fig. 39. — Feuille adulte (p. 20).

Fig. 40, 44 et 46. — Parcours des faisceaux dans le pétiole et dans la nervure médiane (pp. 22 et 23).

Fig. 41. — Coupe transversale à la base du pétiole (p. 22).

Fig. 42. — — sous la 1re ramification (p. 22).

Fig. 43. — — un centimètre au dessus (p. 23).

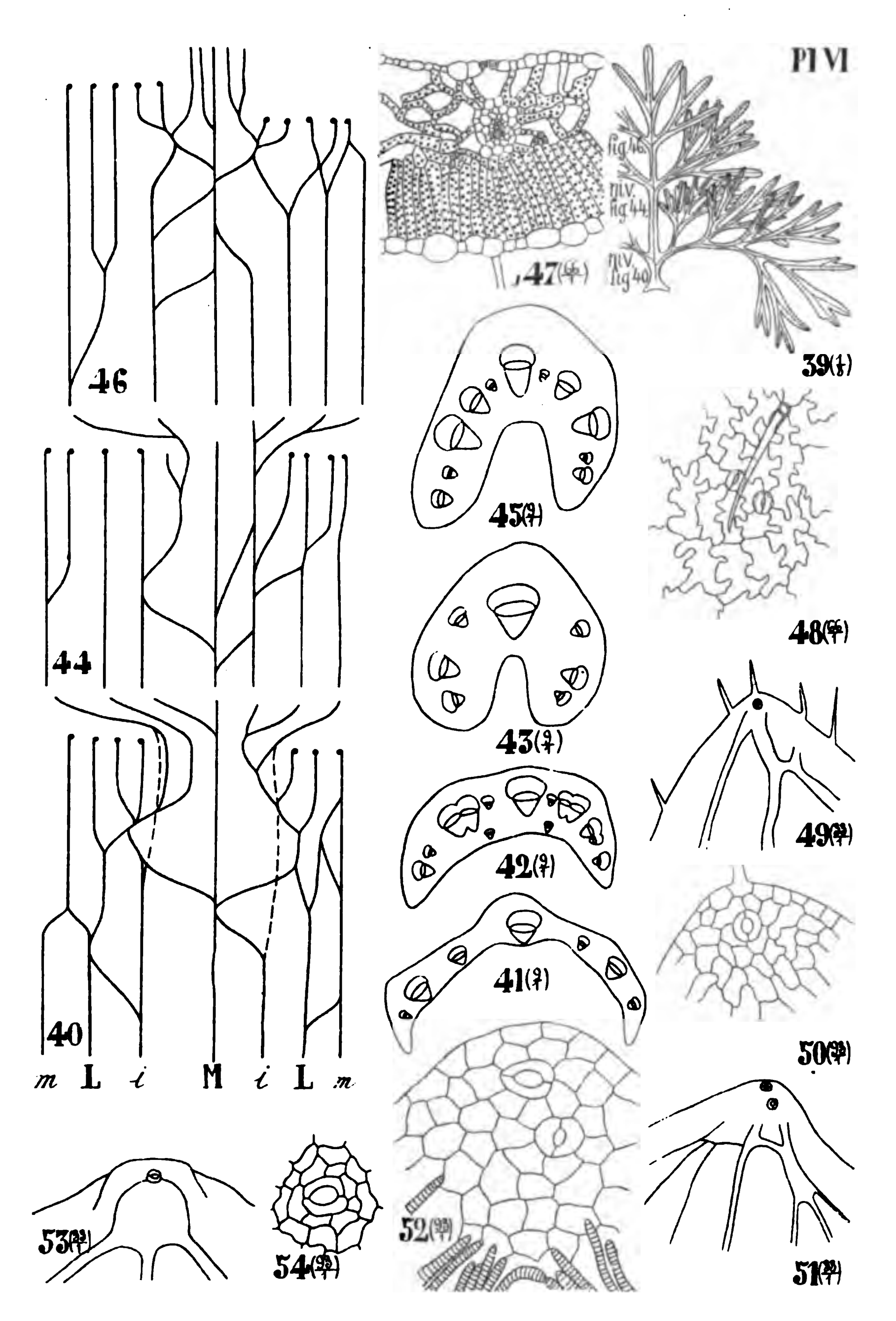
Fig. 45. — — sous la 2e ramification.

Fig. 47. — — dans l'un des lobes du limbe (p. 23).

Fig. 48. — Épiderme vu de face avec stomates et poil (p. 23).

Fig. 49, 51 et 53. — Sommets de divers lobes foliaires montrant les nervures qui aboutissent à une glande à eau (p. 23).

Fig. 50, 52 et 54. — Stomates aquifères de ces glandes à eau. (Ces figures correspondent respectivement aux trois précédentes) (p. 23).



D. AJACIS L. Fig. 39 à 54: Plante Adulte (Feuille).

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE VII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

DELPHINIUM AJACIS L.

Plantules à 3 cotylédons.

Fig. 55. — Coupe transversale montrant deux faisceaux cotylédonaires se rendant normalement dans l'un des cotylédons, les deux autres faisceaux cotylédonaires se séparant pour se rendre dans les deux autres cotylédons (2e cas) (p. 25).

Fig. 56. — Plantule à 3 cotylédons égaux et parfaitement séparés (3e cas) (p. 25).

Fig. 57. — Coupe transversale au milieu de l'axe hypocotylé de la plantule précédente (p. 25).

Fig. 58. — Disposition phylotaxique des feuilles de la même plantule.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Fig. 60. — Histologie de la tige dans la région du faisceau M^{15} (entre-nœud ^{15}) (p. 26).

Fig. 61. — Les tissus périphériques de la coupe précédente grossis davantage (p. 26).

Fig. 64. — Coupe transversale dans le limbe de la feuille (p. 27).

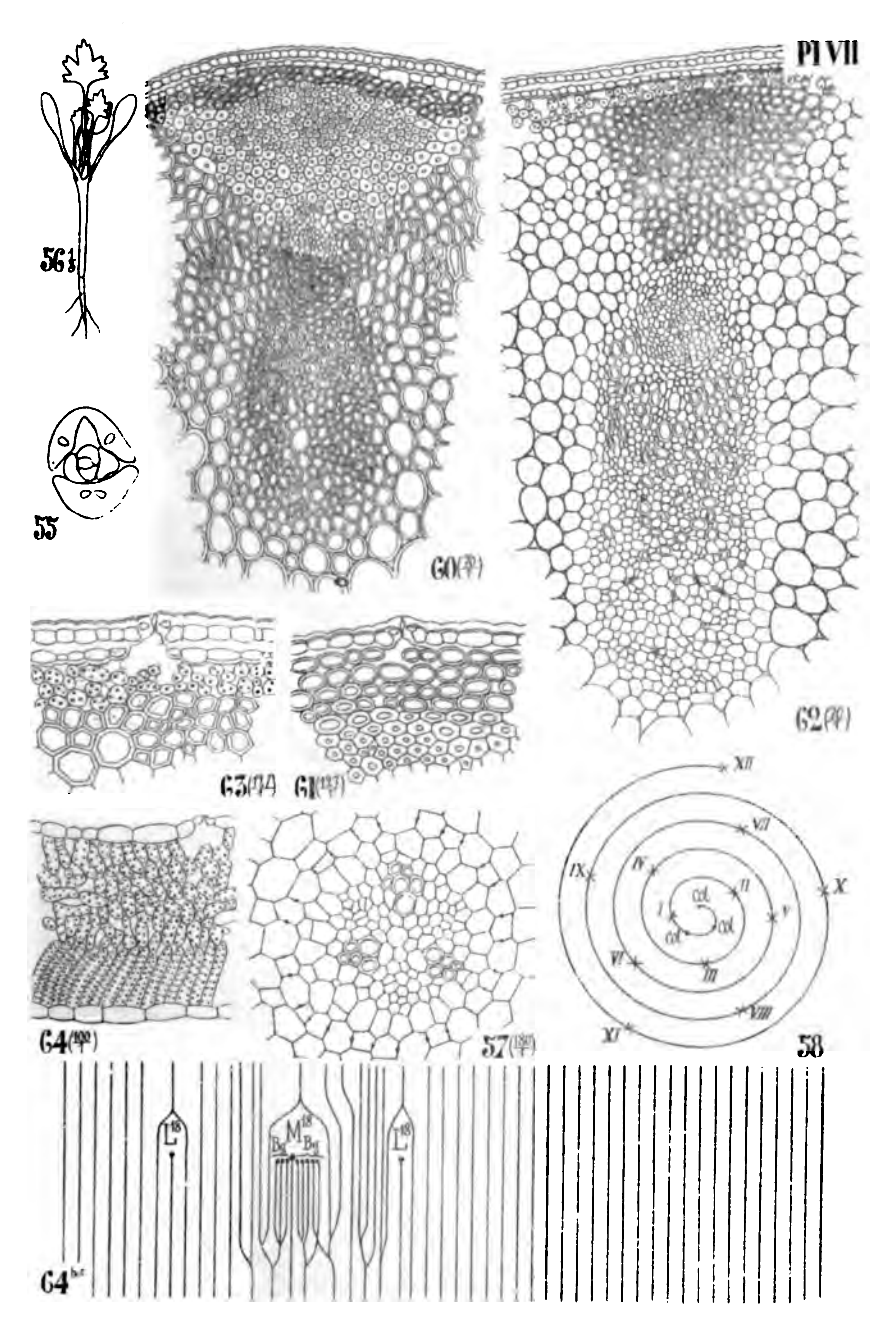
DELPHINIUM AJACIS L.

Fig. 62. — Histologie de la tige dans la région du faisceau M^{13} (entre-nœud ^{13}) (p. 26).

Fig. 63. — Les tissus périphériques de la coupe précédente grossis davantage (p. 26).

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Fig. 64 bis. — Parcours des faisceaux dans un nœud.



D. AJACIS L. Fig. 55 à 58: Plantule à trois cotylédons.

Fig. 62 et 63: Histologie de la tige.

D. CONSOLIDA L. Fig. 60, 61 et 64: Histologie de la tige et de la feuille.

D. STAPHYSAGRIA. Fig 64 bis Parcours.

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE VIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

DELPHINIUM CONSOLIDA L.

Fig. 59. — Coupe transversale dans l'entre-nœud ^{18} montrant l'allure générale des groupe A, B, C, D (p. 26).

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Stade III.

Fig. 65. — Figure représentant la disposition phylotaxique des feuilles (p. 28).

Fig. 66. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif. Disposition des appendices (p. 28).

Plantule à la fin de la première année.

Fig. 67. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 29).

Plante adulte.

Fig. 68. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 30).

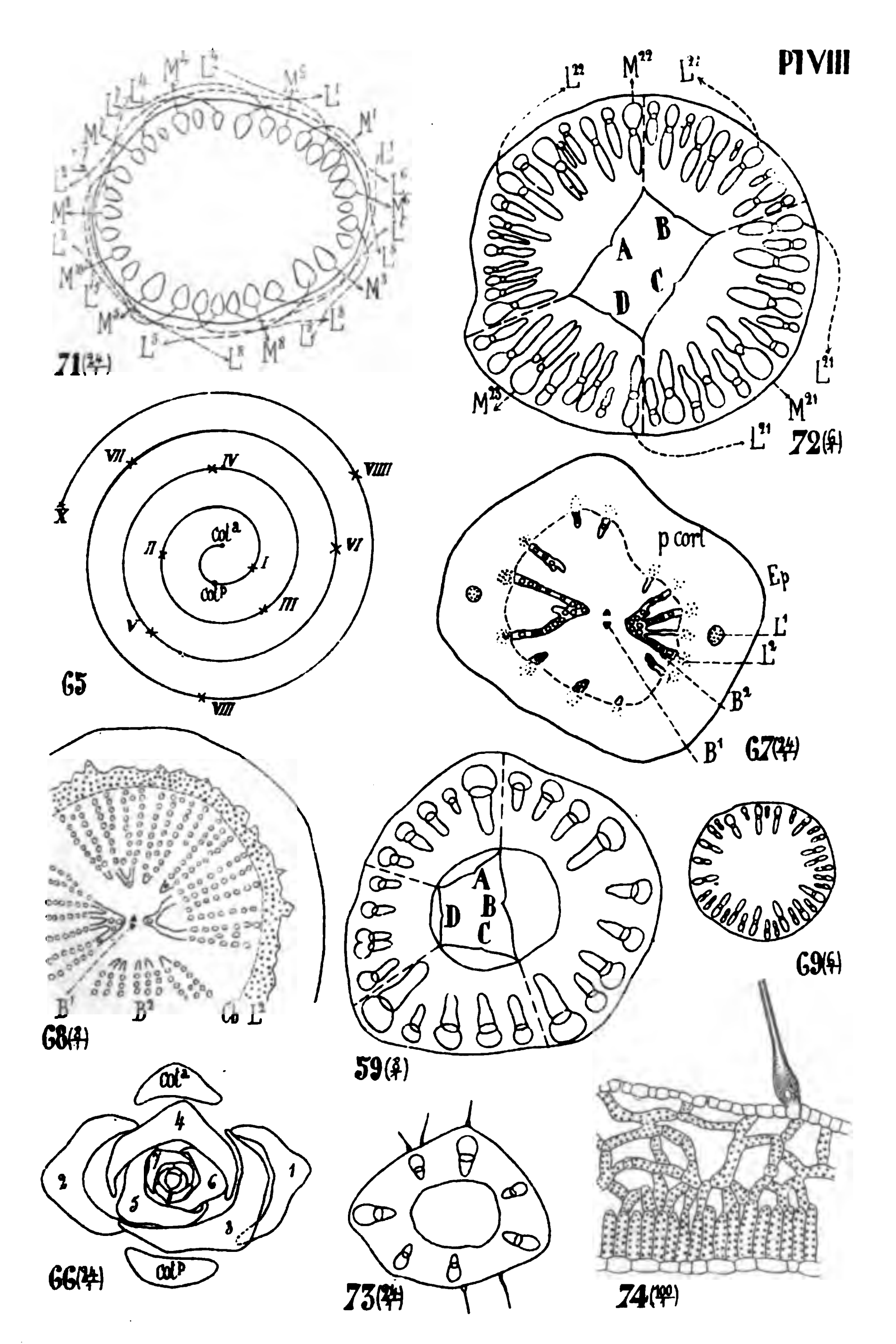
Fig. 69. — Quatrième segment de l'inflorescence (p. 30).

Fig. 71. — Projection schématique des dix premiers segments.

Fig. 72. — Coupe transversale de l'entre-nœud ^{21}, montrant l'allure générale des groupes A, B, C, D (p. 30).

Fig. 73. — Coupe transversale au milieu du pétiole (p. 31).

Fig. 74. — Coupe transversale dans le limbe (p. 32).



D. CONSOLIDA L. Fig. 69.

D. STAPHYSAGRIA L. Fig. 65 et 66: Stade III de la germination.

C. Lenfant ad. nat. del.

Fig. 67: Plantule à la fin de la 1re année.

Fig. 68 à 74: Plante Adulte.

PLANCHE IX.

PLANCHE IX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

Fig. 70. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige.

DELPHINIUM ELATUM L.

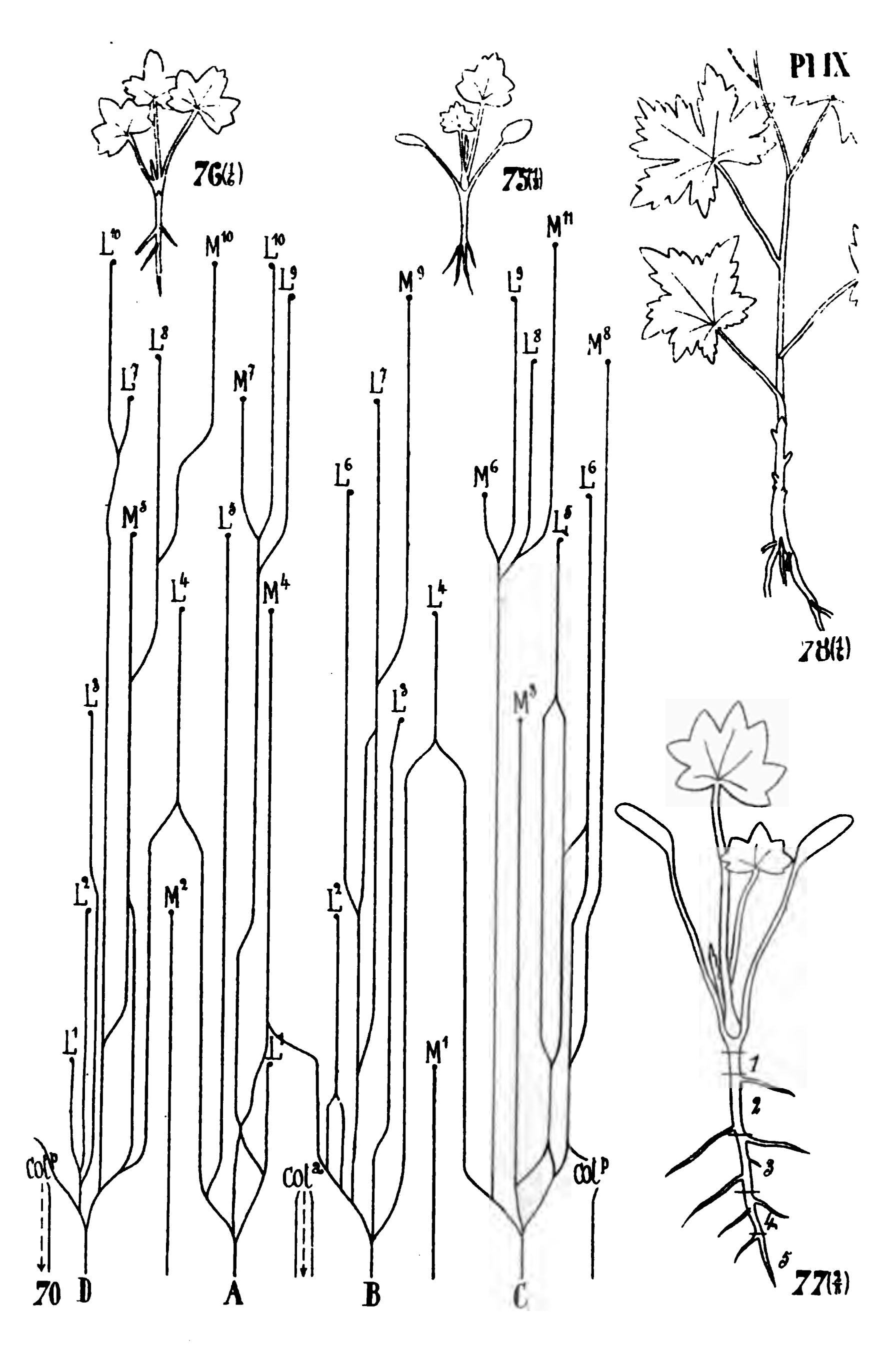
Fig. 75. — Plantule au stade III (p. 34).

Fig. 76. — Plantule à la fin de la première année (p. 35).

Fig. 77. — Plantule ayant servi aux observations biologiques (p. 36).

Fig. 78. — Plantule durant la deuxième année (p. 38).

PI IX



D. STAPHYSAGRIA L. Fig. 70.

D. ELATUM L. Fig. 75-78: Plantules

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE X.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

DELPHINIUM ELATUM L.

Fig. 79. — Section de l'entre-nœud ^{1} montrant les faisceaux qui se rendent aux cinq premières feuilles (p. 35).

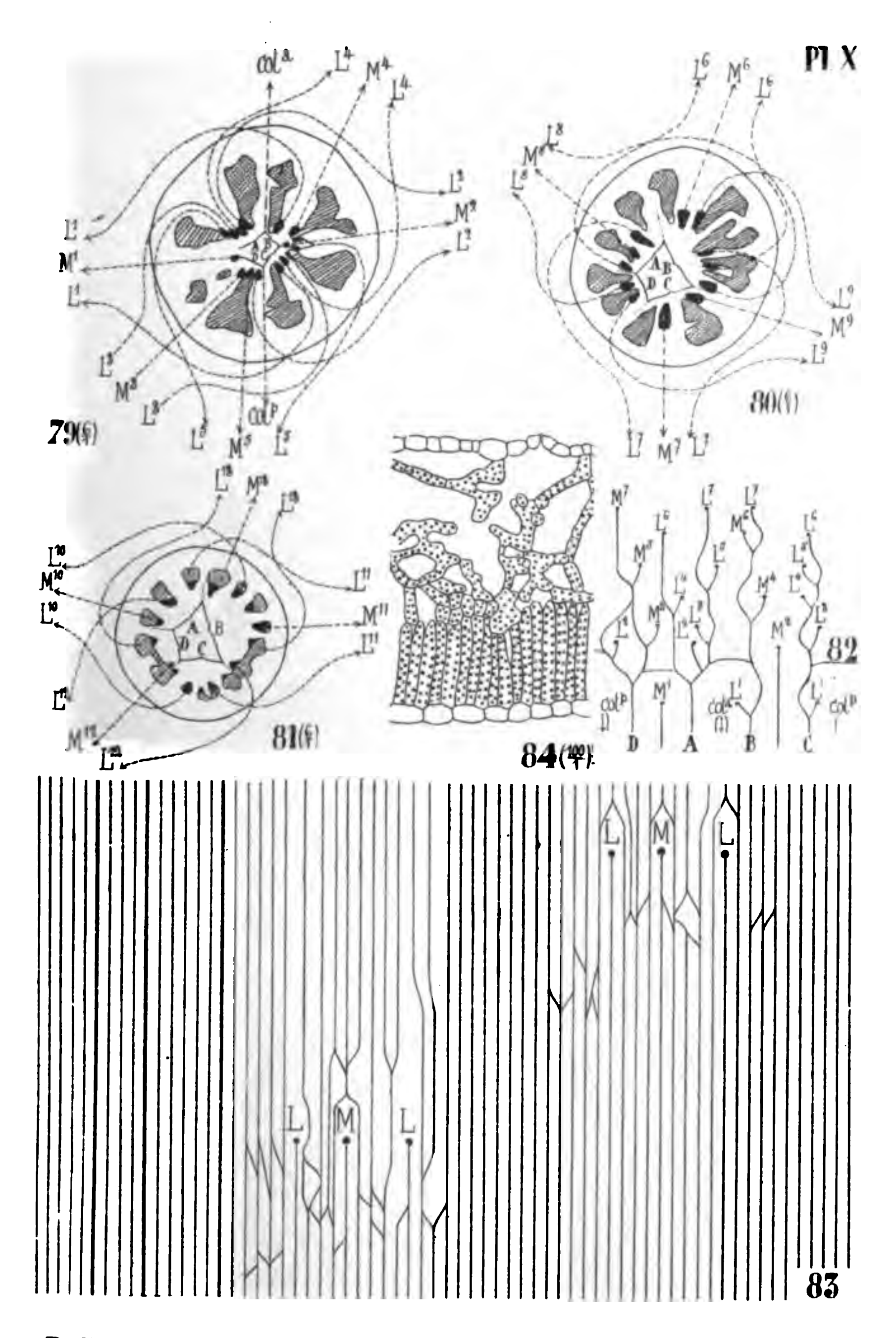
Fig. 80. — Section de l'entre-nœud ^{6} montrant les faisceaux qui se rendent aux feuilles 6, 7, 8 et 9 (p. 35).

Fig. 81. — Section de l'entre-nœud ^{10} montrant les faisceaux qui se rendent aux feuilles 10, 11, 12 et 13. Dans ces figures le B^1 est représenté en noir et le B^2 par des hachures (p. 35).

Fig. 82. — Parcours des faisceaux dans une plantule au stade III (p. 35).

Fig. 83. — Parcours des faisceaux dans deux nœuds consécutifs d'une tige primaire adulte (p. 40).

Fig. 84. — Coupe dans le limbe (p. 41).



D·ELATUM L. Fig. 79 à 84.

C. Lenfant ad. nat. del.

PLANCHE XI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

DELPHINIUM ELATUM L.

Fig. 85. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 34).

Fig. 86. — Coupe transversale d'ensemble dans le sommet végétatif (Concrescence des pétioles cotylédonaires) (p. 35.)

Fig. 87. — Parcours des faisceaux dans l'ensemble de la tige durant la deuxième année (p. 38)

Fig. 88. — L'axe hypocotylé durant la deuxième année (fig. 38); à comparer à la figure 85, en tenant compte des différences de grossissement.

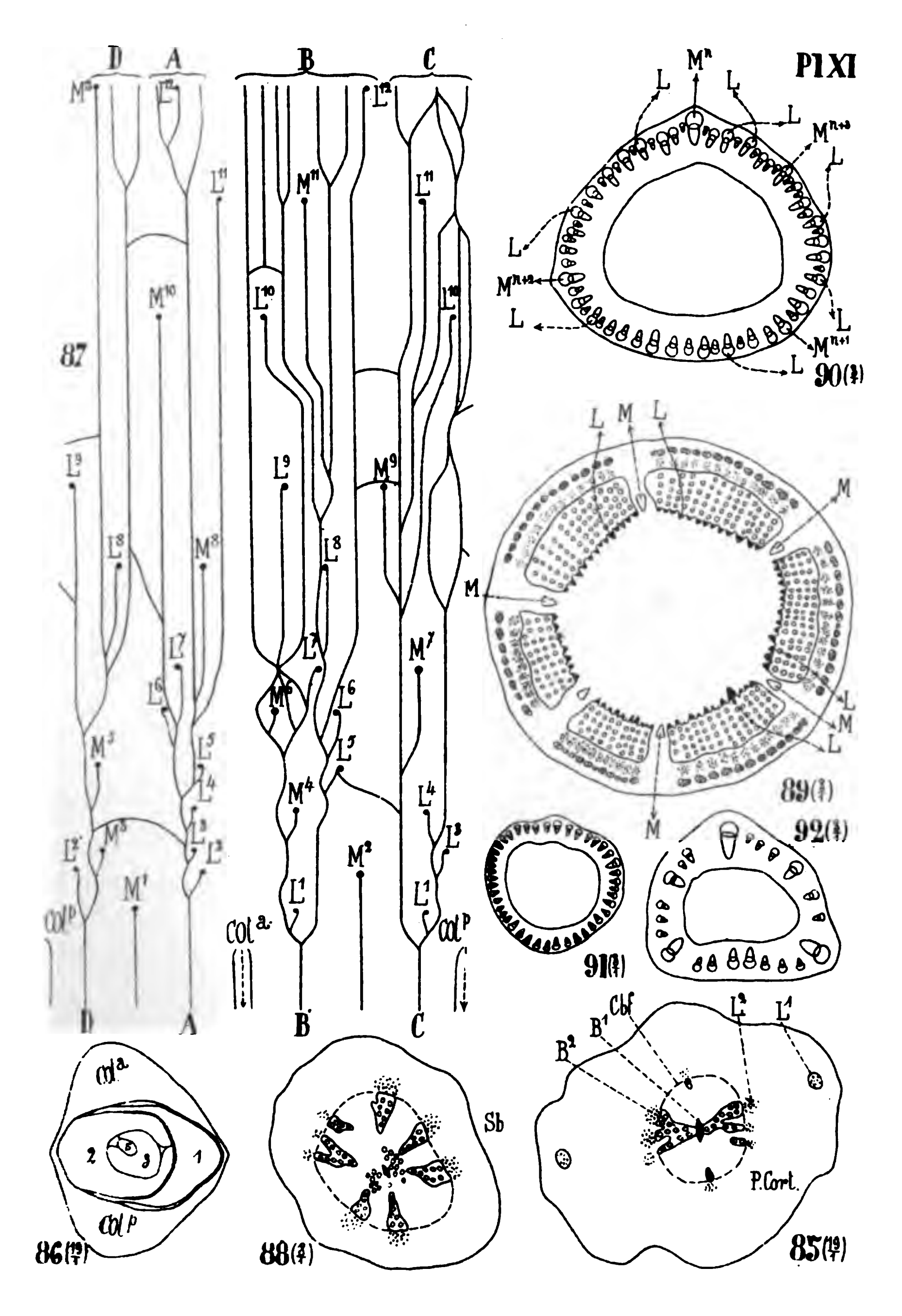
Plante adulte.

Fig. 89. — Coupe transversale dans la région souterraine de la tige primaire adulte (p. 40).

Fig. 90. — Coupe transversale de la région aérienne de la même tige (p. 41).

Fig. 91. — Inflorescence de la même tige (p. 41).

Fig. 92. — Coupe transversale au milieu du pétiole (p. 41).



D. ELATUM L. Fig. 85 à 92

C. Lenfant ad nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

TROISIÈME PARTIE.

DELPHINIUM STAPHYSAGRIA L.

QUATRIÈME PARTIE.

DELPHINIUM ELATUM L.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

LE GENRE *THALICTRUM*

PAR

A. MANSION

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES
PROFESSEUR A L'ATHÉNÉE ROYAL D'ATH

INTRODUCTION

Le genre *Thalictrum* a fait l'objet d'un certain nombre de travaux, tant au point de vue de l'anatomie qu'à celui de la systématique.

En 1861, M. C.-V. Gernet ([1]) a étudié la structure de la tige et de la racine du *Thalictrum flavum*. Il a cru reconnaître dans le groupement et dans la composition des faisceaux de la tige une certaine analogie avec les monocotylées. Dans la racine, au contraire, il a retrouvé le type général de l'organisation des dicotylées. L'auteur n'a étudié que des individus d'âge et de taille moyens, principalement des rhizomes.

La structure si spéciale des racines de *Thalictrum* a été élucidée par M. C.-Eg. Bertrand dans sa *Théorie du Faisceau* ([2]).

M. L. Olivier ([3]) est revenu sur ce point et a indiqué quelques

([1]) *Xylologische Studien : Ueber die Structurverhältnisse des Stengels von* Thalictrum flavum. (Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou, t. XXIV, 1re partie, pp. 432-452, 1861.)

([2]) *Bulletin scientifique du département du Nord,* 2e série, 3e année (1880), nos 2, 3 et 4.

([3]) *Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines.* (Ann. sc. nat., 6e série, t. XI, 1881.)

particularités que présente la racine chez les Renonculacées.

M. J. Costantin (1) a comparé la structure de la tige souterraine du *T. minus* à celle de la tige aérienne de la même plante.

En 1884, M. Albert Meyer (2) a fait des observations histologiques dans la racine et la tige adultes du *Thalictrum minus*.

En 1885, M. Paul Marié (3) a analysé les sections du genre *Thalictrum* en examinant le plus grand nombre d'espèces qu'il lui a été possible d'obtenir. Dans chaque plante, il a décrit la structure des organes suivants : racine, rhizome, tige aérienne, pédicelle floral, pétiole, limbe. Toutefois, dans ce travail, comme dans les deux précédents, les descriptions ont été faites d'après quelques coupes seulement : l'ensemble de l'organisation a été négligé.

La même année, M. J.-L. Lecoyer (4), dans une monographie du genre *Thalictrum*, s'est occupé principalement des poils et des akènes au point de vue de la détermination spécifique. On trouve cependant dans ce mémoire quelques renseignements organographiques.

M. G. Bonnier (5) a exposé quelques considérations sur le

(1) *Étude comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones.* (Ann. sc. nat., 6e série, t. XVI, 1883.)

(2) *Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Ranunculaceen.* (Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde, von A. Meyer.) Marburg, Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich), 1884.

(3) *Recherches sur la structure des Renonculacées.* (Ann. sc. nat., 6e série, Botanique, t. XX, 1885.)

(4) *Monographie du genre* Thalictrum. (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, t. XXIV, pp. 78-326, 1885.)

(5) *Observations sur les Renonculacées de la flore de France,* dans la Revue générale de botanique, t. I, nos 6 et suiv., 1889.

développement sympodique du rhizome chez les *Thalictrum* de France, sur la germination de leurs graines, ainsi que sur certaines particularités de la structure de leurs racines et de leurs tiges.

Le présent travail consiste en une étude du genre *Thalictrum* au point de vue de l'anatomie générale, de façon à compléter les données déjà acquises. Il est destiné à faire suite aux recherches de M. Nihoul sur le *Ranunculus arvensis* (1) et à celles de M. Lenfant sur les *Delphinium* (2).

Le genre *Thalictrum*, très homogène, semble réaliser, dans ses représentants, le maximum de complication anatomique de la famille des Renonculacées. Le *Thalictrum flavum* L., plante indigène, a été choisi comme type.

L'étude de l'embryon et des organes végétatifs a été faite aussi complètement et aussi consciencieusement que possible, en appliquant les méthodes les plus modernes et les plus précises.

Les variations étendues que présente la structure du type qui fait l'objet de ce mémoire ont nécessité la description de nombreuses régions anatomiques. L'exposé analytique s'est ainsi trouvé fort étendu. Aussi j'ai cru devoir apporter un soin tout spécial au résumé final. Le lecteur y trouvera une synthèse aussi complète et aussi concise que possible.

Mes recherches ont été faites au laboratoire de l'Institut bota-

(1) *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées :* Ranunculus arvensis. (*Mémoires* in-4° publiés par l'Académie royale des sciences de Belgique, t. LII, 1891.)

(2) *Contribution à l'anatomie des Renonculacées : le genre* Delphinium, dans les Mémoires de la Société royale des sciences de Liége, 2e série, t. XIX, 1897.



nique de l'Université de [Liége. Je suis heureux de pouvoir remercier ici publiquement M. le professeur A. Gravis, qui, après m'avoir engagé à entreprendre ce travail, n'a cessé de me prodiguer ses conseils et a bien voulu contrôler mes résultats.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

THALICTRUM FLAVUM L.

CHAPITRE PREMIER.

EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Le fruit du *Thalictrum flavum* est un akène légèrement comprimé latéralement et marqué de côtes sur ses deux faces. Il est terminé par un bec stylaire bien visible. Dans l'angle supérieur pointu de l'akène, au milieu d'un albumen abondant et dur, se trouve un embryon droit, extrêmement petit ($0^{mm},4$ de longueur sur $0^{mm},2$ de largeur).

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 1).

On y trouve de l'extérieur vers l'intérieur :

1. *L'épiderme* (Ep.), formé de cellules assez allongées dans le sens radial, limité extérieurement par une cuticule très mince.
2. *Le parenchyme cortical*, constitué par 5-7 assises de cellules

méatiques, à l'exception des deux couches profondes. L'assise extérieure est formée de cellules un peu plus petites, presque isodiamétriques. Les suivantes diminuent de largeur à mesure qu'on se rapproche du centre.

L'assise la plus profonde (End.) est un endoderme dont les éléments sont dans une alternance parfaite avec ceux qui leur sont immédiatement sous-jacents. Cet endoderme ne présente pas encore de plissements sur les parois radiales.

3. *Le cylindre central,* délimité par un péricycle assez net; celui-ci est une assise de cellules un peu plus grandes que les autres, alternant avec les éléments voisins. Le reste du massif est constitué par des éléments procambiaux.

Le diamètre du cylindre, qui comprend une dizaine de cellules, équivaut à peu près au tiers du diamètre total de la section.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

Une coupe pratiquée à la base du nœud cotylédonaire (fig. 2) montre la même structure avec les différences suivantes :

1° *Le parenchyme cortical* est moins épais et constitué par 4-5 assises de cellules;

2° *Le cylindre central* s'est élargi; deux cordons procambiaux s'en détachent, l'un en avant, l'autre en arrière. Ce sont les faisceaux cotylédonaires, situés dans le plan principal de symétrie, à égale distance du centre et des bords de la coupe.

Au niveau de leur sortie dans les cotylédons (fig. 3), les deux faisceaux procambiaux ne sont plus séparés de l'épiderme que par 1-2 assises de cellules. Entre les deux cotylédons, on aperçoit des cellules polygonales, sans méats, qui appartiennent au méristème primitif générateur de la tige principale.

Plus haut encore, la section transversale, pratiquée vers le milieu des cotylédons (fig. 4), montre à peine les faisceaux cotylédonaires faiblement indiqués.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale de l'embryon, suivant son plan de symétrie principal, résume et complète ce qu'on vient d'observer sur les coupes transversales. On y retrouve (fig. 5) :

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1° *L'épiderme*;

2° *Le parenchyme cortical* dont les couches sont formées de cellules de plus en plus étroites à mesure qu'elles sont plus profondes;

3° *Le cylindre central*, formé d'éléments très étroits, allongés dans le sens de l'axe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

Dans cette région, on voit insérés obliquement, sur le cylindre central de l'axe hypocotylé, les deux faisceaux qui sortent dans les cotylédons où ils sont peu marqués et ne s'y prolongent que jusque vers le milieu.

Le méristème primitif avec ses cellules polyédriques, isodiamétriques, occupe le sommet de l'axe hypocotylé. Il est recouvert par le dermatogène qui est en continuité directe avec l'épiderme des cotylédons.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.*

1° *La coiffe* est formée par des cloisonnements tangentiels de l'épiderme. A l'extrémité se trouvent des traces du suspenseur.

2° *Le parenchyme cortical* est engendré par deux cellules initiales qui se comportent différemment. L'extérieure donne naissance à une seule assise de cellules située sous l'épiderme. L'intérieure donne naissance, par des cloisonnements tangentiels, à 4 ou 5 assises cellulaires.

3° *Le cylindre central* est terminé inférieurement par quelques cellules initiales, destinées à engendrer plus tard le faisceau de la racine principale.



CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

Ce développement a été étudié à cinq stades depuis le début de la germination jusqu'à la fin de la deuxième année.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination; la portion de la radicule sortie de la graine mesure 2 millimètres de longueur.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 6).

Diffère peu du niveau correspondant dans l'embryon.

Le cylindre central s'est agrandi et ses cellules se sont subdivisées de façon à devenir près de trois fois plus nombreuses. De plus, aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie, on observe quelques éléments différenciés marquant les deux pôles libériens (L^1).

B. *Région d'insertion des cotylédons.*

La coupe pratiquée à la base du nœud cotylédonaire (fig. 7) montre, outre les deux pôles libériens comme ci-dessus, deux pôles ligneux, l'un antérieur, l'autre postérieur, marqués l'un et l'autre par une trachée séparée de l'endoderme par deux rangs de cellules péricycliques. La différenciation de ces trachées se

faisant de haut en bas, elles ne sont pas encore visibles sur la coupe pratiquée au milieu de l'axe hypocotylé. Dans la figure 7, les deux pôles ligneux de l'axe hypocotylé sont désignés par t. R., parce qu'ils sont aussi les deux pôles de la racine principale qui se développera par la suite.

A un niveau un peu plus élevé (fig. 8), les trachées t. R. sont en contact avec les trachées t. C., qui sont les trachées polaires des faisceaux cotylédonaires.

Un peu plus haut encore (fig. 9), les trachées t. C. existent seules. Elles se prolongent dans la nervure médiane de chaque cotylédon, comme on le voit dans la figure 10.

Coupe longitudinale.

La coupe longitudinale représentée par la figure 11 est pratiquée dans une plantule arrivée à un stade intermédiaire au stade I et au stade II, au moment où chaque pôle ligneux de l'axe hypocotylé possède trois trachées différenciées en direction centripète (1.2.3. et 3.2.1.). On voit nettement le contact entre ces trachées et les trachées polaires centrifuges des faisceaux cotylédonaires (3.2.1. et 1.2.3.). On remarquera en outre que les trachées effectuant le contact sont courtes et à spires serrées.

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons dégagés du péricarpe sont épigés et étalés, mais aucune trace de feuille n'est visible à l'œil nu. Il existe cependant déjà quelques petites feuilles qui, avec le sommet végétatif, sont cachées par les pétioles cotylédonaires très allongés (1 centimètre environ) (fig. 12).

L'axe hypocotylé (A. h.), reconnaissable à sa surface lisse (formée par l'épiderme), a une longueur de 2 à 3 centimètres et une épaisseur de $0^{mm},5$ environ en son milieu.

La racine principale (R. p.), dont la surface est terne (constituée par l'assise pilifère), est environ de moitié plus courte que l'axe hypocotylé. Il n'y a pas encore de radicelles. Nous désignerons, avec M. Nihoul ([1]), sous le nom de « collet superficiel » le niveau où la surface change d'aspect (voir *col. sup.* dans la figure 12).

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.*

1° *L'épiderme* porte des poils glanduleux peu abondants (fig. 13).

2° *Le parenchyme cortical méatique* comprend 6-7 assises circulaires de cellules arrondies. L'endoderme est reconnaissable à de légers plissements sur les cloisons radiales. Vu de face, cet endoderme montre ses cellules allongées, étroites et nettement plissées (fig. 14).

3° *Le cylindre central* (fig. 15) est un faisceau bipolaire arrivé au stade primaire dont les pôles ligneux se trouvent dans le plan principal de symétrie de la plantule. Les pôles ligneux cunéiformes se composent de dix à douze trachées. La partie centrale du faisceau non différenciée est formée d'une dizaine de cellules à parois minces, sans méats. A droite et à gauche, on trouve,

([1]) *Loc. cit.*, p. 13 des tirés à part.

alternant avec les pôles ligneux, deux massifs libériens déjà bien développés. Pas de zones cambiales.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Dans la région supérieure de l'axe hypocotylé, à la base du nœud cotylédonaire, on remarque que le cylindre central est beaucoup plus important. Son diamètre s'allonge perpendiculairement au plan principal de symétrie, les deux massifs libériens étant ici beaucoup plus développés. Le bois centripète forme une lame médiane continue (t^1t^1), constituée par une dizaine de trachées séparées par des cellules non différenciées, à parois minces. A droite et à gauche de cette lame bipolaire de bois centripète, existe un large faisceau à bois centrifuge, vaguement divisé en trois lobes (fig. 16).

A un niveau un peu supérieur, les deux pôles ligneux centripètes écrasés (t^1t^1) se retrouvent difficilement, mais les faisceaux à bois centrifuge sont parfaitement distincts et circonscrivent une moelle véritable (fig. 17). Les faisceaux à bois centrifuge sont les quatre faisceaux cotylédonaires (qui doivent s'unir plus haut deux à deux), le faisceau médian de la feuille [1] (M^1) et le faisceau médian de la feuille [2] (M^2). Voyez figures 16 et 17.

A un niveau un peu supérieur encore, on assiste à la sortie des faisceaux cotylédonaires qui entraînent avec eux les pôles ligneux centripètes (fig. 18). Une moelle assez large existe au centre de l'organe, et autour de cette moelle se distinguent six faisceaux libéro-ligneux dont deux (M^1 et M^2) avec trachées différenciées. Ce sont les faisceaux médians de la feuille [1] et de la feuille [2]. En outre, il y a quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, au stade du procambium, moins accentué que dans le *Ranunculus arvensis.*

Une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal (fig. 19) montre :

1° Une gaine constituée par la concrescence des pétioles cotylédonaires. On y remarque les deux faisceaux qui se rendent l'un dans le cotylédon antérieur, l'autre dans le cotylédon postérieur;

2° La feuille [1] et la feuille [2], l'une à droite et l'autre à gauche, sensiblement opposées, possédant chacune trois faisceaux dont

un médian et deux latéraux. Mais, tandis que les trois faisceaux de la feuille [1] possèdent déjà des trachées différenciées, le médian seul dans la feuille [2] est arrivé au stade de différenciation libéro-ligneuse, les deux latéraux étant encore au stade procambial;

3° La section de la tige montrant l'ébauche de la feuille [3] et de la feuille [4].

C. *Racine principale.*

Une coupe transversale pratiquée dans la racine principale, un peu au-dessous du collet superficiel, montre :

1° *L'assise pilifère* dont il ne subsiste que des traces;

2° *Le parenchyme cortical* à cellules disposées en files radiales se terminant vers l'intérieur par l'endoderme. L'assise externe du parenchyme cortical (sous-pilifère) est constituée par de grandes cellules à parois plus épaissies et beaucoup plus résistantes que celles des autres assises qui se chiffonnent avec la plus grande facilité;

3° *Le faisceau* limité par un péricycle très net formé par une seule assise de grandes cellules. Les deux massifs ligneux cunéiformes se développent en direction centripète. Ils présentent de petits éléments vers l'extérieur et des cellules centrales de grand diamètre non différenciées. Deux massifs libériens alternent avec les pôles ligneux; on y reconnaît facilement les cellules grillagées. Aucune zone cambiale n'est encore visible (fig. 20).

Les coupes successives prouvent que le faisceau bipolaire qui parcourt la racine principale dans toute son étendue n'est que le prolongement de celui que l'on observe dans l'axe hypocotylé.

Coupe longitudinale.

Vers le milieu de l'axe hypocotylé, une coupe longitudinale pratiquée suivant le plan de symétrie (fig. 21) montre que chaque pôle ligneux est occupé par une trachée spiro-annelée très étroite et très étirée. En dedans, de chaque côté, se trouvent deux trachées spiralées plus larges et très longues. Les trachées suivantes sont encore plus larges, plus courtes et à spiricules très serrées.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Trois petites feuilles sont visibles et deux autres sont encore cachées. Ces feuilles présentent quelques particularités de forme et de structure que nous ferons connaître plus loin.

Les cotylédons ont atteint leur maximum de développement et nous saisirons cette occasion pour faire connaître leur structure.

L'axe hypocotylé s'est notablement épaissi (2 millimètres environ de diamètre) ; sa surface, lisse au stade précédent, est maintenant fortement ridée transversalement (fig. 22 et 23).

La racine principale, également fort épaissie, présente une surface terne, brunâtre, marquée dans sa portion voisine du collet superficiel, de quelques plis à peine indiqués. Elle porte de nombreuses radicelles disposées alternativement à droite et à gauche, sur toute sa longueur.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 24).

On rencontre une structure assez différente de celle qu'on y a observée au stade précédent :

1° *L'épiderme.*

2° *Le parenchyme cortical,* dont la majeure partie est détruite, présente trois assises seulement de cellules ayant conservé leur vitalité; ce sont : les assises sous-épidermique, sus-endodermique et endodermique. Les 4-5 assises intermédiaires sont mortes et ont été déchirées irrégulièrement. Une coupe longitudinale radiale (figure 25, à comparer à la figure 24) montre bien la surface ridée ainsi que les déchirures entre l'assise sous-épidermique et l'assise sus-endodermique. La figure suivante (fig. 26) donne le détail à un grossissement plus fort.

Sachs (¹) a démontré l'existence d'une tension longitudinale dans le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé du *Sinapis arvensis*. Qu'une déchirure longitudinale et annulaire se produise dans ce parenchyme cortical, les couches extérieures ainsi détachées auront toute liberté de s'allonger, c'est-à-dire de se rider, leur nutrition restant assurée par les deux extrémités supérieure et inférieure demeurées en contact avec les autres tissus. Les couches intérieures, au contraire (endoderme, péricycle, etc.), qui sont encore fixées au cylindre central, ne peuvent s'allonger de la même manière.

3° *L'endoderme,* dont les éléments considérablement accrus se sont recloisonnés radialement jusqu'à une dizaine de fois. Les parois des cellules primitives sont fortement épaissies, tandis que les cloisons nouvelles sont restées minces (fig. 24 et 26) (²). Cet endoderme ne contient pas d'amidon, mais ses nombreux éléments renferment chacun un gros noyau granuleux et du protoplasme fortement coloré en jaune. La coupe longitudinale tangentielle montre dans chaque cellule endodermique que les recloisonnements dans le sens radial ont été accompagnés de recloisonnements dans le sens transversal (figure 27 à comparer à la figure 26).

4° *Le péricycle* a recloisonné tangentiellement ses éléments un grand nombre de fois.

5° *Le bois* (fig. 28) : Le bois primaire (B^1) se retrouve au centre de la coupe; le bois secondaire (B^2) est disposé en deux massifs constitués chacun par des vaisseaux rayés, comme on peut s'en assurer sur la coupe longitudinale.

6° *Le liber :* Les deux massifs de liber primaire (L^1), refoulés contre le péricycle recloisonné, sont plus ou moins écrasés; le liber secondaire (L^2), très développé, contient de grandes cellules

(¹) *Physiologie végétale.* Traduction française, 1868, p. 499.

(²) MM. Olivier (*loc. cit.*, p. 118), Marié (*loc. cit.*, pp. 32, 35 et 37), Bonnier (*loc. cit.*, p. 342) ont signalé le recloisonnement radial et parfois tangentiel des cellules endodermiques des racines de divers *Thalictrum*.

grillagées disséminées par petits groupes dans un parenchyme libérien très abondant.

7° *La zone génératrice*, circulaire et continue, est constituée de deux arcs cambiaux (C*b*) réunis par deux ponts de cambiforme (C*bf*) (1). Voyez figure 24.

8° *Le tissu fondamental secondaire.* En même temps que les deux arcs cambiaux produisaient du bois secondaire et du liber secondaire, les deux ponts de cambiforme ont engendré en dedans un peu de tissu fondamental secondaire interne (Tf^{2i}), et en dehors du tissu fondamental secondaire externe (Tf^{2e}) très abondant (fig. 24).

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.*

Sur une section transversale pratiquée à la base du nœud cotylédonaire, on retrouve la structure de la coupe précédemment décrite au milieu de l'axe hypocotylé, mais on y remarque, en outre, le contact des trachées centrifuges des faisceaux foliaires (t. Fe^1 et t. Fe^2) avec les trachées centripètes du faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé et de la racine (t. R.) (fig. 29).

A un niveau un peu supérieur, on voit la sortie des faisceaux cotylédonaires entraînant avec eux les trachées centripètes du faisceau bipolaire (fig. 30). A ce niveau de la figure 30, les faisceaux foliaires M^1 et M^2 sont parfaitement isolés, comme aussi les faisceaux réparateurs A, B, C, D.

(1) Le terme *cambiforme* sera employé, dans ce travail, en lui donnant le sens que M. C.-Eg. Bertrand lui a attribué dans sa *Théorie du Faisceau*, p. 43 (Bull. scientif. du dép. du Nord, 2e série, 3e année, 1880, nos 2, 3 et 4). Il désignera donc un tissu générateur à cloisonnement tangentiel et à fonctionnement ordinairement double, comme celui du cambium, mais qui n'engendre ni bois secondaire, ni liber secondaire. Le savant professeur de Lille nomme « liège » et « tissu fondamental secondaire » les produits du cambiforme. Nous avons cru, à l'exemple de M. A. Gravis, pouvoir substituer à ces expressions celles de Tf^{2e} et de Tf^{2i} pour éviter toute confusion avec le tissu subéreux.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Une coupe faite au milieu du premier entrenœud de la tige principale présente six faisceaux disposés en deux groupes de trois, l'un à droite, l'autre à gauche du plan principal de symétrie. Ces deux groupes existaient déjà au stade II.

Le groupe de droite est formé d'un foliaire M^1 et de deux réparateurs B et C; le groupe de gauche comprend aussi un foliaire M^2 et deux réparateurs A et D.

Outre le faisceau médian M^1, la feuille [1] reçoit deux faisceaux latéraux L^1 fournis par les réparateurs B et C. De même, la feuille [2] reçoit, outre le médian M^2, deux latéraux L^2 issus des réparateurs A et D. Il en résulte que les faisceaux latéraux destinés à la feuille [1] croisent en sortant les faisceaux latéraux destinés à la feuille [2]. De même les faisceaux latéraux destinés à la feuille [3] s'entrecroisent en sortant avec les faisceaux destinés à la feuille [2].

La feuille [1] et la feuille [2] reçoivent chacune trois faisceaux; chacune des feuilles 3, 4 et 5 en reçoit cinq, dont un médian M, deux latéraux L, L et deux marginaux *m*, *m*. Ces faisceaux marginaux sont fournis respectivement par les réparateurs B et C.

L'examen des coupes successives permet de reconnaître le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les premières feuilles. Ce parcours est reproduit par la figure 32.

PHYLLOTAXIE.

Il résulte de l'observation attentive de plusieurs individus arrivés au stade que nous décrivons, que les faisceaux cotylédonaires sortent très sensiblement au même niveau et que les foliaires latéraux de la feuille [1] se détachent des réparateurs en même temps. La plantule en général n'est donc pas plus développée à la face antérieure qu'à la face postérieure. Dans certains cas cependant, la feuille [3] reçoit quatre faisceaux au lieu de trois, le supplémentaire étant un marginal antérieur. Dans le *Ranunculus arvensis*, au contraire, M. Nihoul a montré que la face antérieure de l'axe hypocotylé est plus large que l'autre. Dans le *Thalictrum flavum*, la position du cotylédon antérieur

ne peut être déterminée que par l'observation de la spire phyllotaxique elle-même. C'est ce que l'on voit dans la figure 31, qui représente la section pratiquée dans le bourgeon terminal.

Dans cette figure 31, il est facile de supposer une spirale partant du cotylédon antérieur, se dirigeant vers la gauche de l'observateur supposé au centre de la tige, passant successivement par le cotylédon postérieur, les feuilles 1, 2, 3, 4 et 5. Du cotylédon antérieur au cotylédon postérieur, il y a un peu moins d'une demi-circonférence; du cotylédon postérieur à la feuille ^{1}, il y a un quart de circonférence environ; de la feuille ^{1} à la feuille ^{2}, de la feuille ^{2} à la feuille ^{3}, de la feuille ^{3} à la feuille ^{4}, de la feuille ^{4} à la feuille ^{5}, l'angle de divergence devient assez constant et est compris entre 160° et 170°.

Cette divergence moyenne de 160° à 170° dans les feuilles inférieures passe, pour les feuilles suivantes, à la divergence de 145° environ (soit $^2/_5$), qui est la divergence moyenne des feuilles sur les tiges adultes du *Thalictrum flavum* L.

La plantule qui nous a servi d'exemple jusqu'ici était sénestre, c'est-à-dire que sa spire phyllotaxique tournait en sens inverse des aiguilles d'une montre; sa feuille ^{1} était à droite. D'autres plantules, au contraire, sont dextres, c'est-à-dire que leur spire phyllotaxique tourne comme les aiguilles d'une montre; leur feuille ^{1} est à gauche. Dans ces plantules dextres, le faisceau M^1 est donc situé entre les réparateurs A et D; le faisceau M^2 se trouve entre les réparateurs B et C.

STRUCTURE DE LA RACINE PRINCIPALE.

Les coupes transversales dans la racine principale montrent une structure analogue à celle de la coupe pratiquée au milieu de l'axe hypocotylé, avec les différences suivantes :

L'assise pilifère flétrie est rejetée par place en même temps que l'assise sous-pilifère et les débris des assises sous-jacentes.

De nombreuses radicelles sont insérées en face des pôles ligneux. La région de contact entre ces racines latérales et la racine principale est marquée par un diaphragme constitué par de nombreuses trachées courtes et de grand diamètre.

STRUCTURE DES COTYLÉDONS.

Au stade III, les cotylédons sont arrivés à leur complet développement. Les pétioles, concrescents à leur base, mesurent 1 centimètre de longueur environ, sur 0mm,5 à 1 millimètre de largeur. Le limbe, de forme ovale plus ou moins allongée, présente un sinus terminal et mesure 10 à 12 millimètres de longueur et 6 à 8 millimètres de largeur. Sa nervation consiste en une nervure médiane et deux paires de nervures latérales. Ces cinq nervures principales portent des ramifications qui se terminent généralement sans s'anastomoser (fig. 33).

A une petite distance de son sinus terminal, le limbe contient une glande à eau à laquelle aboutissent la nervure médiane ainsi que les deux nervures latérales supérieures. Les deux nervures latérales inférieures, au contraire, se terminent en pointe libre (schéma fig. 34). Parfois l'une de ces deux latérales inférieures fait défaut (fig. 35); quelquefois même elles manquent toutes les deux (fig. 36). Ces faits semblent indiquer que les cotylédons se développent en direction basipète.

Nous savons déjà que chaque cotylédon reçoit deux faisceaux qui se fusionnent peu après leur sortie et qu'un pôle ligneux centripète de l'axe hypocotylé accompagne les faisceaux cotylédonaires. A la base du pétiole, chaque faisceau montre donc, outre le bois primaire centrifuge, quelques trachées du bois centripète actuellement écrasées (fig. 37).

Au milieu du pétiole cotylédonaire, la même structure se retrouve avec une seule différence : le bois centripète fait défaut (fig. 38).

Au sommet du pétiole, la section indique trois faisceaux rapprochés.

La coupe au milieu du limbe montre (fig. 39) :

1° *L'épiderme interne* (supérieur), avec poils glanduleux, mais sans stomates ;

2° *L'épiderme externe* (inférieur), garni de nombreux et grands stomates, excepté le long des nervures, et de quelques poils glanduleux ;

3° *Le mésophylle :* Parenchyme en palissade formé par un ou

deux rangs de cellules; parenchyme spongieux constitué par cinq ou six rangs de cellules laissant entre elles d'assez grands méats;

4° *Les faisceaux libéro-ligneux*, au nombre de huit à dix et de diverses grosseurs.

Vers le sommet du cotylédon, au niveau de la glande à eau, la section indique que la face interne du cotylédon se creuse légèrement en gouttière à l'endroit de la glande. La partie ligneuse de la nervure médiane est représentée à ce niveau par dix à quinze trachées délicates. En avant de ces trachées existe un massif assez important de petites cellules incolores (« épithème » des auteurs allemands), recouvert directement par l'épiderme interne à éléments fort amincis en cet endroit; on y voit l'orifice d'un stomate aquifère (fig. 40).

Les coupes successives au-dessus de ce niveau nous font assister à la disparition progressive des trachées et à l'augmentation simultanée du nombre des éléments incolores de la glande à eau.

L'épiderme interne, vu de face à l'endroit où il recouvre la glande à eau, est formé de cellules plus petites que celles qui le constituent partout ailleurs et y présente une douzaine de stomates aquifères qui font défaut sur tout le reste de la surface (fig. 41).

L'épiderme externe, au contraire, est garni de nombreux et grands stomates aérifères (fig. 42); il porte aussi des poils glanduleux unicellulaires assez fréquents. Au-dessus de la glande à eau, comme tout le long de la nervure médiane, les stomates font défaut.

Les stomates aérifères affectent la forme renonculacée de Vesque. Les poils glanduleux unicellulaires renferment un gros noyau granuleux et du protoplasme vivement coloré en jaune, comme ceux décrits au stade précédent.

Les stomates aquifères sont béants et leurs cellules de bordure renferment de très gros grains de chlorophylle. Quand on observe le matin des plantules en germination de *Thalictrum flavum* en plein air, on constate l'existence d'une petite gouttelette d'eau logée dans la gouttière de la face interne des cotylédons; ce fait prouve bien que ces organes sont destinés à

remédier à l'excès de tension dans l'appareil aquifère comme dans les cotylédons d'un certain nombre de plantes, notamment de l'*Urtica dioïca*.

STRUCTURE DE LA FEUILLE [1].

La feuille [1] mesure environ 2 centimètres de longueur. La gaine, assez courte (5 millimètres environ), présente deux expansions latérales, très peu proéminentes (fig. 43). Le pétiole, cylindrique et plein, est long de 1 centimètre environ. Les folioles, au nombre de trois, sont brièvement pétiolulées, arrondies à la base et trilobées au sommet. L'examen par transparence montre dans chacun de ces lobes une glande à eau à laquelle aboutissent plusieurs nervures (fig. 44).

La section transversale de la gaine (fig. 45) présente les trois faisceaux L, M, L, qui parcourent sans se diviser toute l'étendue du pétiole (fig. 46), mais qui se trifurquent et s'anastomosent au sommet du pétiole (fig. 47). Chaque pétiolule reçoit trois faisceaux.

Dans certaines feuilles [1], l'un des faisceaux L se bifurque de telle sorte que, vers le milieu du pétiole, la section présente quatre faisceaux (fig. 48), dont un opposé au médian et que nous nommerons O.

Au sommet du pétiole, ce faisceau O se bifurque (fig. 49) et ses branches, se fusionnant à droite et à gauche, se perdent dans l'anastomose de cette région.

La section vers le milieu d'une foliole montre (fig. 50) :

1° *L'épiderme externe,* à cellules tabulaires dépourvues de chlorophylle, à cuticule assez mince et lisse, à stomates nombreux, de même forme que ceux des cotylédons. Les poils glanduleux sont très peu abondants;

2° *L'épiderme interne,* sans stomates, est formé de cellules à cuticule mince;

3° *Le mésophylle,* légèrement bifacial : un seul rang de cellules en palissade, deux ou trois rangs de cellules arrondies dans le parenchyme spongieux. La chlorophylle est uniformément répartie dans tout le mésophylle. Il n'y a pas de cristaux.

Entre chaque nervure et l'épiderme externe, il y a un petit massif collenchymateux;

4° *Les nervures* sont formées chacune par un seul faisceau entouré d'une assise cellulaire légèrement différenciée.

Quant à la structure des glandes à eau, elle est identique à celle décrite dans les cotylédons.

OBSERVATIONS PHYSIOLOGIQUES : ENFONCEMENT DES PLANTULES.

Dans nos germinations, nous avons toujours constaté des cotylédons épigés; d'après M. G. Bonnier (1), le *T. minus* germe parfois avec des cotylédons presque hypogés, l'axe hypocotylé restant très court.

Nous avons toujours vu l'axe hypocotylé en majeure partie aérien, lisse d'abord, ridé ensuite. Vers la fin de la première saison, la plantule s'enfonce graduellement en terre; l'axe hypocotylé, le nœud cotylédonaire et les premiers nœuds de la tige principale deviennent ainsi souterrains. Des radicelles d'ailleurs prennent naissance tout le long de l'axe hypocotylé dont le parenchyme cortical est décortiqué. De sorte que, à ce moment, il n'est plus possible de distinguer l'axe hypocotylé de la racine principale. On peut se demander si l'enfoncement des plantules résulte d'une contraction longitudinale de l'axe hypocotylé, de la racine principale ou des racines adventives.

A l'effet de répondre à cette question, la plantule représentée par la figure 51 et dont l'axe hypocotylé était déjà enfoncé dans le sol, a servi à l'expérience suivante.

L'axe hypocotylé a été isolé, la racine principale a été partagée en trois portions, les deux racines adventives ont été isolées.

Ces six fragments, numérotés dans la figure 51, ont été mesurés au sortir du sol, puis après un séjour dans l'eau, puis encore après avoir été maintenus dans des solutions de salpêtre plus ou moins concentrées (2). Les résultats sont consignés dans le premier tableau suivant.

(1) *Loc. cit.*, p. 340.

(2) Pour mesurer très exactement les fragments, je me suis servi avec avantage du procédé suivant, qui m'a été indiqué par M. le professeur A. Gravis : L'objet est dessiné à la chambre claire, à un grossissement de dix diamètres; les dessins sont ensuite mesurés au moyen d'une sorte de curvimètre qui permet de suivre toutes les courbures; les longueurs trouvées ont été divisées par 10.

PARTIES MISES EN EXPÉRIENCE.	Longueur au sortir du sol.	Longueur après trois heures dans l'eau.	Longueur après vingt heures dans l'eau.	Longueur après quatre heures dans salpêtre 10 %.	Longueur après quatre heures dans salpêtre saturé.	Longueur après vingt heures dans salpêtre saturé.	RÉSULTATS.
PREMIER TABLEAU (Plantule de la fig. 51).							
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
N° 1. Axe hypocotylé âgé. .	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	Pas de changement, ni dans l'eau, ni dans les solutions salines.
N° 2. Racine principale, portion âgée	17,3	17,3	17,3	17,6	17,8	17,8	Pas de changement dans l'eau. Allongement de 2,89 % dans les solutions salines.
N° 3. Racine principale, portion plus jeune.	17,2	17,2	17,2	17,4	17,9	17,9	Pas de changement dans l'eau. Allongement de 4,06 % dans les solutions salines.
N° 4. Racine principale, portion plus jeune encore.	15,9	16,3	16,3	16,1	16,0	16,0	Allongement de 2,51 % dans l'eau. Raccourcissement de 1,84 % dans les solutions salines.
N° 5. Portion de racine latérale.	12,4	12,6	13,0	12,5	12,4	12,4	Allongement de 4,83 % dans l'eau Raccourcissement de 4,61 % dans les solutions salines
N° 6. Portion de racine latérale.	19,4	20,9	21,2	20,5	20,7	20,9	Allongement de 9,27 % dans l'eau. Raccourcissement de 3,30 % dans solution à 10 %. Allongement de 1,90 % dans solution saline saturée.
DEUXIÈME TABLEAU.							
N° 7. Axe hypocotylé jeune .	14,7	14,8	15,1	14,5	14,3	14,3	Allongement de 2,72 % dans l'eau. Raccourcissement de 5,29 % dans les solutions salines.
N° 8. Pétiole jeune. . . .	15,1	15,8	18,0	16,7	16,6	16,6	Allongement de 19,20 % dans l'eau. Raccourcissement de 7,77 % dans les solutions salines.
N° 9. Pétiole plus âgé. . .	15,9	16,2	16,5	16,3	16,0	16,0	Allongement de 3,77 % dans l'eau. Raccourcissement de 3,03 % dans les solutions salines.

Les mêmes expériences ont été faites sur l'axe hypocotylé d'une très jeune plantule au stade II, ainsi que sur deux jeunes pétioles d'une plantule plus âgée. (Voir le second tableau de la page précédente.)

Il résulte de ces expériences :

1° Que les portions jeunes de la racine principale et des racines adventives (n°s 4 et 5) s'allongent dans l'eau et se raccourcissent dans les solutions salines. Elles se comportent exactement comme de jeunes pétioles et comme l'axe hypocotylé jeune (n°s 7, 8 et 9);

2° Que les portions plus vieilles de la racine principale (n°s 2 et 3) ne subissent pas de changements appréciables dans l'eau (leur croissance étant terminée), mais qu'elles s'allongent dans les solutions salines;

3° Que l'axe hypocotylé âgé (n° 1) conserve une longueur invariable dans l'eau et dans les solutions salines.

Quant à la racine adventive (n° 6) qui, après s'être allongée dans l'eau, s'est raccourcie dans la solution saline à 10 °/₀ et allongée de nouveau dans la solution saline saturée, l'anomalie provient probablement de ce que cette racine, étant déjà assez longue, comprenait une région jeune et une région plus âgée, fonctionnant autrement que la première.

Laissant de côté ce n° 6, les autres fragments nous permettent de conclure que certaines portions de racine suffisamment âgées se comportent d'une façon tout opposée à celle des autres organes, c'est-à-dire qu'elles sont capables de s'allonger par plasmolyse et de se raccourcir par turgescence. C'est cette dernière propriété qui peut, chaque fois que le sol est humecté par la pluie, provoquer un raccourcissement, c'est-à-dire un enfoncement de la plantule.

Plus tard, lorsque les racines adventives seront suffisamment âgées, elles ajouteront leur effort à celui de la racine principale : l'axe hypocotylé et les premiers nœuds de la tige principale se trouveront ainsi amenés sous la surface du sol.

L'enfoncement progressif des plantules par le mécanisme qui

vient d'être décrit semble avoir été complètement méconnu par M. G. Bonnier, qui s'est exprimé ainsi (*loc. cit.*, p. 340) :

« Dans tous les cas, la racine principale disparait pendant la première année, et une branche latérale s'enfonce en terre, accumule une provision de nourriture et produit des racines adventives. Ce sera le début du rhizome qui se développe et s'accroit pendant les années suivantes. »

On verra, dans les stades suivants, que la tige principale du *T. flavum* ne produit pas de « branche latérale » s'enfonçant en terre; les bourgeons axillaires situés sur la partie de la tige principale qui a été enterrée par le raccourcissement des racines, passent l'hiver dans le sol; ils se développent plus tard en tiges aériennes florifères qui possèdent nécessairement une portion souterraine, laquelle constitue le premier article du rhizome sympodique.

STADE IV.

Plante vers la fin de la première année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La tige principale mesure 5-6 centimètres de hauteur; elle a développé de 10 à 14 feuilles (fig. 52).

Les quatre premières feuilles, qui restent toujours assez longtemps petites, sont rapprochées deux à deux, simulant deux paires d'appendices. Les feuilles [1] et [2], en effet, ne sont séparées que par un très court entre-nœud; elles sont presque opposées l'une à l'autre. Il en est de même des feuilles [3] et [4].

Les feuilles suivantes, qui prennent un développement beaucoup plus grand, sont séparées par des entre-nœuds notablement plus longs.

Le bourgeon terminal est enveloppé par une feuille transformée en pérule. Cette feuille est réduite à une gaine fusiforme terminée par un pétiole et un limbe rudimentaires. Elle assure la protection du bourgeon terminal pendant l'hiver.

STRUCTURE DE L'AXE HYPOCOTYLÉ.

Il suffira de signaler que le parenchyme cortical et l'épiderme mortifiés sont tombés et que l'endoderme forme actuellement la surface. Les cellules de l'endoderme, qui reste longtemps vivant, se sont recloisonnées; leurs parois extérieures sont jaunes et comme cutinisées. Dans la figure 53, on voit nettement la coupe transversale de trois cellules endodermiques recloisonnées radialement en petites cellules ayant l'apparence de cellules épidermiques.

Le péricycle a subi des recloisonnements en diverses directions : ses éléments possèdent maintenant des parois épaisses et collenchymateuses.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

Nous ferons connaître le parcours des faisceaux et l'histologie.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Quelques remarques au sujet de la figure 54 suffiront.

Le premier segment de la tige, au-dessus des cotylédons, contient dix faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{1}

$$(LML)^{1},$$

quatre réparateurs A, B, C, D et les foliaires du nœud ^{2}

$$(LML)^{2}.$$

Les segments 2, 3 et 4 présentent la même organisation.

Le segment 5 contient quinze faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{5}

$$(mLMLm)^{5},$$

cinq réparateurs A′, A″, B, C, D et la trace foliaire du nœud ^{6}

$$(mLMLm)^{6}.$$

Les segments 6 et 7 ont la même composition.

Le segment 8 présente dix-sept faisceaux, savoir : les foliaires du nœud ^{8}

$$(mLiMiLm)^{8},$$

six réparateurs, A′, A″, B′, B″, C, D, et une partie des foliaires de nœud ^{9}.

Le segment 9 est peu différent.

Le segment 10 montre vingt et un faisceaux, savoir :

$$(mLiMiLmm')^{10},$$

huit réparateurs A′, A″, A‴, B′, B″, C, D′, D″ et une partie des foliaires du nœud ^{11}.

Les segments suivants sont semblables ou diffèrent en ce que les foliaires sont au nombre de neuf

$$(m'mLiMiLmm')$$ [1].

[1] Dans toutes les traces foliaires, M désigne le faisceau *médian*, L désigne les faisceaux *latéraux*, *i* les faisceaux *intermédiaires*, *m* les faisceaux *marginaux*. Les intermédiaires et les marginaux peuvent être de divers ordres, ce qui est indiqué par les signes ′, ″, ‴, etc.

Il n'y a pas d'anastomoses aux nœuds.

Quant aux bourgeons axillaires, ceux des quatre premiers nœuds sont très peu développés. Les autres reçoivent des faisceaux gemmaires en nombre double des faisceaux foliaires. Ils sont insérés dans la partie inférieure de chaque nœud ; il y en a un à droite et un à gauche de chaque foliaire sortant.

En résumé : La plante, pendant la première année, développe successivement des segments caulinaires et des feuilles de plus en plus amples. La tige principale comprend quatre portions :

La première comprenant quatre segments caractérisés par une douzaine de faisceaux dont une trace foliaire de trois faisceaux ;

Une deuxième portion comprenant trois segments caractérisés par une quinzaine de faisceaux avec trace foliaire de cinq faisceaux ;

Une troisième portion comprenant deux segments caractérisés par une vingtaine de faisceaux avec trace foliaire de sept faisceaux ;

Enfin, une quatrième portion comprenant cinq segments caractérisés par vingt à trente faisceaux avec trace foliaire de huit ou neuf faisceaux.

D'autres individus du même âge ont été étudiés d'une façon aussi complète ; de légères différences ont été constatées, mais les faits généraux énoncés ci-dessus sont partout les mêmes.

B. HISTOLOGIE.

Nous nous bornerons à signaler ici quelques particularités intéressantes.

Les premières feuilles étant de petite taille et disparaissant de bonne heure, les faisceaux foliaires qui vont à ces feuilles contiennent peu de bois secondaire ; par contre, il se développe, à la place de ce tissu, un massif volumineux de tissu fondamental secondaire sclérifié (Tf^{2i}). Dans les faisceaux réparateurs (A'A"BCD), le bois secondaire est, au contraire, normalement développé (B^2). Le sclérenchyme comprend, outre le Tf^{2i} des faisceaux foliaires, des arcs fibreux au dos de tous les faisceaux et une gaine circulaire sous l'endoderme (fig. 55).

Les feuilles suivantes étant beaucoup plus grandes, les faisceaux foliaires qui leur correspondent contiennent du bois secondaire (fig. 56) Dans cette portion de tige, le sclérenchyme est formé par quelques éléments de la moelle, par des arcs fibreux en avant des faisceaux, par des massifs fibreux au dos des faisceaux foliaires et enfin par un certain nombre de cellules appartenant au parenchyme cortical (fig. 56).

Comparée à la figure 55, la coupe représentée par la figure 56 diffère donc notablement au point de vue de l'origine des tissus de soutien.

STRUCTURE DE LA DERNIÈRE FEUILLE AVANT LA PÉRULE.

Cette feuille mesure 26 centimètres de longueur. La gaine, notablement plus longue que celle de la feuille [1], présente deux expansions latérales que nous considérons comme des rudiments de stipules. Le pétiole (Pét.), prismatique et creux, se continue par un rachis primaire (Rach. [1]) portant deux rachis secondaires (Rach. [2]); il y a neuf folioles pétiolulées (fig. 57).

La section transversale, à la base de la gaine, rencontre onze faisceaux (fig. 58) :

m'mm'LiMiLm'mm'.

Dans l'étendue de la gaine, ces faisceaux s'unissent entre eux de distance en distance par des anastomoses obliques. Le faisceau *m'*, le plus voisin du bord droit, se perd dans l'une des expansions latérales de la gaine (stipule rudimentaire), tandis que le faisceau *m'* correspondant du côté gauche disparaît par anastomose avec le faisceau *m* voisin. De sorte que, au sommet du pétiole, il n'y a que neuf faisceaux. Mais un dixième faisceau prend bientôt naissance, le faisceau O, aux dépens du faisceau *m'* du côté droit (fig. 59). Cette structure se maintient dans toute l'étendue du pétiole.

Dans le rachis primaire, on ne retrouve que cinq faisceaux

*m*LML*m*

qui se prolongent jusque dans le pétiolule de la foliole terminale.

Chacun des rachis secondaires contient cinq faisceaux, savoir : un médian qui n'est autre que l'un des faisceaux *m'* du pétiole et quatre autres faisceaux insérés deux à deux sur les faisceaux L et *m* du pétiole (fig. 60).

Chacun des pétiolules des folioles voisines de la foliole terminale contient quatre faisceaux seulement, qui sont insérés deux à deux sur les faisceaux L et *m* du rachis primaire (fig. 61).

La figure 62 reproduit, d'après les coupes précédentes, le parcours des faisceaux dans la gaine, le pétiole et le rachis primaire, ainsi que l'insertion des rachis secondaires et des pétiolules. On y remarquera le faisceau *m'* du bord droit de la gaine qui se termine en pointe libre dans la stipule rudimentaire de droite ; le faisceau O est indiqué par un trait pointillé ; à l'endroit marqué « niveau de la fig. 60 » se trouve l'insertion des rachis secondaires, et à l'endroit marqué « niveau de la fig. 61 », l'insertion des pétiolules.

Quant à la structure des folioles, elle présente les mêmes particularités anatomiques que celle de la feuille^{1}, sauf qu'il n'y a pas de glande à eau.

PHYLLOTAXIE.

Le tableau suivant indique, d'une façon approximative, les divergences foliaires dans la tige principale étudiée ci dessus :

Cot. *a*	
	> 180°
Cot. *p*	
	> 90°
Feuille^{1}	
	> 180°
Feuille^{2}	
	> 120°
Feuille^{3}	
	> 170°
Feuille^{4}	
	> 140°
Feuille^{5}	
	> 155°
Feuille^{6}	
	> 170°
Feuille^{7}	
	> 150°
Feuille^{8}	
	> 115°
Feuille^{9}	
	> 170°
Feuille^{10}	
	> 165°
Feuille^{11}	
	> 165°
Feuille^{12}	

STADE V.

Plante vers la fin de la deuxième année.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Nous avons décrit précédemment les caractères extérieurs des plantes à la fin de la première année (stade IV). Pendant l'hiver, ces plantes perdent leurs feuilles et leur bourgeon terminal hiverne à l'abri de la pérule.

Au printemps suivant, la tige principale continue son développement. Vers la fin de la deuxième année, en juillet, on peut constater que les jeunes plantes sont assez inégalement développées : les unes, vigoureuses, ont fleuri; les autres, moins fortes, ne portent que des feuilles.

Dans les premières, la tige principale s'est allongée au point de mesurer près de 1 mètre de hauteur. Cette tige comprend deux régions.

La première région, qui s'est formée pendant le premier été (quelques centimètres de longueur), a perdu ses feuilles; elle est devenue presque entièrement souterraine. Cette région souterraine est garnie de très nombreuses racines et porte quatre ou cinq gros bourgeons axillaires destinés à passer l'hiver suivant : ce sont des bourgeons de remplacement.

La seconde région, qui s'est développée pendant la deuxième saison, comprend elle-même trois portions. La première, longue de 4 centimètres environ, est formée de cinq ou six segments dont l'entre-nœud est court et dont la feuille porte dans son aisselle un rameau grêle, non florifère. La deuxième portion, longue de 35 centimètres, comprend quatre ou cinq segments dont l'entre-nœud est très long et la feuille très ample; les bourgeons axillaires sont restés latents. Enfin, la troisième portion,

longue de 33 centimètres, porte des feuilles bractéiformes [1], des bractées et des axes florifères.

Les racines, très nombreuses, sont presque toutes de même longueur (30 à 35 centimètres) et de même grosseur (1 à 2 millimètres); elles sont peu ramifiées, les radicelles étant très grêles.

Les bourgeons souterrains destinés à passer l'hiver sont épais, longs déjà de 20 à 25 millimètres; ils portent des feuilles écailleuses, jaunes, imbriquées, sans pétiole ni limbe; la dernière de ces feuilles forme pérule avec limbe rudimentaire.

Les feuilles les plus développées de la tige aérienne mesurent de 20 à 28 centimètres de longueur; elles possèdent une gaine courte, deux stipules vascularisées, six paires de rachis secondaires, dont les deux inférieurs sont eux-mêmes quatre fois divisés. La feuille la plus complète comptait 137 folioles.

Les feuilles bractéiformes, de plus en plus courtes et de plus en plus simples, passent insensiblement aux bractées réduites, elles, à cinq, à trois et même à une seule foliole.

Les plantes qui n'ont pu fleurir pendant la deuxième année, ont une tige principale plus ou moins longue, deux ou trois bourgeons destinés à passer l'hiver, de longues racines sur la portion souterraine de cette tige et enfin des feuilles plus ou moins développées sur la portion aérienne. D'autres encore, victimes de la lutte pour l'existence, sont réduites à une tige excessivement grêle portant un seul petit bourgeon hivernant, quelques minces racines et deux ou trois feuilles délicates et grêles.

Selon les conditions climatériques, la fertilité du sol et les circonstances de la lutte des plantules entre elles, le *Thalictrum flavum* arrive à l'état adulte, c'est-à-dire à fleurir, après deux ou trois années; il pourrait peut-être y arriver après une seule année, dans des conditions exceptionnellement favorables. La

[1] Nous désignerons sous le nom de *feuilles bractéiformes* des feuilles intermédiaires, par leur taille, leur forme et leur situation, entre les grandes feuilles végétatives situées à la base de la région aérienne des tiges et les bractées de l'inflorescence.

végétation de cette espèce se rapprocherait donc tantôt de celle des plantes annuelles, tantôt de celle des plantes vivaces fleurissant chaque saison ou ne fleurissant qu'après plusieurs années.

Notre étude anatomique des plantes à la fin de la deuxième année portera uniquement sur des individus florifères.

STRUCTURE DE LA TIGE PRINCIPALE.

La première région de la tige principale, correspondant à la pousse de la première année, est identique à ce qui a été dit ci-dessus au stade IV.

La deuxième région, correspondant à la pousse de la deuxième année, comprend, avons-nous dit, trois portions.

La première est formée d'un petit nombre de segments semblables à ceux qui se sont formés à la fin de la première année, c'est-à-dire qu'ils contiennent une trentaine de faisceaux avec une trace foliaire de neuf ou dix faisceaux. Le sclérenchyme forme des massifs voisins du bois primaire et d'autres contre le liber primaire (fig. 63).

La deuxième portion ne comprend également qu'un petit nombre de segments, mais ceux-ci sont très vigoureux; on peut y compter, en effet, cinquante-six faisceaux avec une trace foliaire de douze faisceaux (fig. 64) :

$$m'mm'LiMiLm'mm'm''.$$

Nous rencontrons ici, pour la première fois, une disposition qui devient la règle dans la plante adulte : les faisceaux foliaires situés sous les côtes de la tige ont une section pointue et s'avancent notablement vers le centre, tandis que les autres faisceaux ont une section arrondie et sont plus ou moins reportés vers l'extérieur.

Remarquons également qu'il n'y a plus de sclérenchyme dans le voisinage du bois primaire; le parenchyme médullaire est ordinairement creusé d'une vaste lacune centrale.

La troisième et dernière portion (inflorescence) comprend un

grand nombre de segments dont l'organisation va successivement en décroissant. Le nombre des faisceaux, qui peut être encore de trente-huit au bas de l'inflorescence (fig. 65), se réduit à vingt (fig. 66), puis à dix (fig. 67) et enfin à cinq tout à l'extrémité de l'inflorescence (fig. 68).

Les premières bractées, en effet, reçoivent cinq faisceaux (fig. 65), les suivantes trois (fig. 66), les dernières enfin un seul (fig. 67 et 68).

En résumé : Durant la deuxième année, la tige principale produit d'abord des segments très vigoureux, puis des segments de plus en plus simplifiés, ces derniers correspondant à l'inflorescence. La succession des feuilles reflète cette évolution. Le nombre des faisceaux, qui est de douze à la base des feuilles les plus amples, se réduit à cinq dans les premières bractées et à un seul dans les dernières.

STRUCTURE DES FEUILLES.

Les feuilles au stade V sont semblables à celles de la plante adulte dont les caractères seront décrits dans le chapitre suivant.

STRUCTURE DES RACINES.

A la fin de la seconde année de végétation, les racines sont toutes adventives et insérées sur la portion souterraine de la tige. Longues de 30 à 35 centimètres sur 1 ou 2 millimètres de diamètre, elles portent quelques radicelles très grêles et sont recouvertes de nombreuses papilles absorbantes.

Une section transversale pratiquée vers le milieu de l'une de ces racines montre (fig. 69) :

Un faisceau à trois pôles ligneux primaires ne se joignant pas, alternant avec autant de pôles libériens primaires. Le centre est occupé par des fibres primitives à parois minces, laissant entre elles des méats. Trois arcs cambiaux (Cb), apparus entre le bois primaire (B^1) et le liber primaire (L^1), commencent à produire du bois secondaire (B^2) et une grande quantité de parenchyme libérien secondaire avec cellules grillagées (L^2). Trois

ponts de cambiforme (Cbf), réunissant les trois arcs cambiaux, ont produit du tissu fondamental secondaire externe (Tf²e), très abondant et parenchymateux (fig. 70).

Le péricycle (Péric.) recloisonné a produit une zone plus ou moins collenchymateuse contre laquelle s'appuient les massifs libériens primaires très reconnaissables.

Le parenchyme cortical persiste et comprend une dizaine d'assises de cellules. L'assise profonde est un endoderme (End.) très bien caractérisé, avec plissements sur les cloisons radiales et épaississements des cloisons externes. Les cellules endodermiques se sont recloisonnées plusieurs fois, comme le montre aussi très bien la coupe longitudinale radiale (fig. 71).

L'assise pilifère porte des papilles absorbantes très nombreuses.

L'assise sous-pilifère est formée de cellules à parois épaissies, légèrement plissées radialement et marquées de ponctuations extrêmement nombreuses et petites qui leur donnent un aspect finement chagriné caractéristique.

Les autres couches cellulaires du parenchyme cortical sont pour la plupart écrasées. On distingue par-ci par-là quelques cellules fortement sclérifiées (Sclér.) (fig. 70).

Il existe également des racines adventives à quatre pôles.

Les coupes transversales successives pratiquées dans le sommet végétatif de la racine nous ont fait assister, par le processus habituel, à l'origine des différents tissus précités. Notons cependant que la différenciation libérienne précède de beaucoup la différenciation ligneuse et que l'endoderme ne se caractérise que très tard, alors que les différenciations libérienne et ligneuse sont déjà bien avancées.

A l'état adulte, les racines des plantes arrivées au stade V contiennent toujours très peu de tissus secondaires et conservent leur parenchyme cortical.

Quant aux radicelles, elles ont deux, trois ou quatre pôles et ne développent jamais de productions secondaires.

CHAPITRE III.

PLANTE ADULTE.

---

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Après avoir fleuri, la partie aérienne de la tige principale se détruit à la fin de la deuxième saison; la partie souterraine hiverne et les bourgeons qu'elle porte se développent au printemps suivant. Les mêmes phénomènes se continuant chaque année nous conduisent à la plante adulte telle qu'on la rencontre ordinairement dans la nature.

Le *Thalictrum flavum* habite les prairies inondées en hiver; il forme de larges touffes ou colonies occupant chacune une superficie de 3 à 4 mètres carrés. Il est difficile de dire si chacune de ces colonies provient d'un seul individu de semis.

En fouillant le sol avec soin, on trouve des tiges souterraines ou drageons (Drg.) courant horizontalement à une profondeur de 10 à 15 centimètres. Elles peuvent mesurer 50 ou 70 centimètres de longueur et présenter un grand nombre de segments à long entre-nœud (3 à 8 centimètres), à feuille rudimentaire et à bourgeon axillaire latent. De nombreuses racines sont également insérées aux nœuds (fig. 72).

A l'arrière-saison, ces tiges souterraines se relèvent légèrement à leur extrémité, qui est terminée par un bourgeon protégé par plusieurs feuilles pérulaires.

Au printemps suivant, ce bourgeon terminal reprenant son développement produit une tige primaire ($Tg.^1$) aérienne, verticale et florifère, qui peut atteindre près de 2 mètres de hauteur.

Celle-ci comprend elle-même trois portions : la première, souterraine encore, présente un petit nombre de segments à entre-nœud court et à feuille se développant dans l'air ; la deuxième portion, déjà aérienne, montre quelques segments à entre-nœud long, puis très long et à feuille très ample ; enfin, la troisième portion renferme tous les autres segments à entre-nœud de plus en plus court, portant des feuilles bractéiformes passant aux bractées de plus en plus petites.

Sur la partie de la tige souterraine qui se relève pour sortir du sol, les bourgeons axillaires se comportent de diverses manières : les uns se développent en tiges secondaires dressées et aériennes dès la première année (*Tg.*[2] *aér.*, fig. 72 et 73). D'autres se développent en tiges secondaires courtes et terminées par un bourgeon pérulé; ces axes sont destinés à hiverner dans le sol pour en sortir seulement au printemps suivant (*Tg.*[2] *hiv*, fig. 73). D'autres enfin se développent en longues tiges souterraines qui s'étendent horizontalement et qui sont des drageons identiques à ceux qui nous ont servi de point de départ (*Drg. nouveau*, fig. 74). Comme eux, ils sortiront de terre et produiront de nouvelles ramifications, les unes aériennes, les autres souterraines, dressées ou rampantes.

STRUCTURE.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Nous allons considérer successivement : la portion souterraine drageonnante, la portion souterraine qui se relève pour sortir du sol, la portion inférieure de la tige aérienne, et enfin la portion supérieure florifère.

I. Portion souterraine drageonnante.

Une section transversale pratiquée dans l'entre-nœud [3] (fig. 78, pl. VIII) montre vingt faisceaux sensiblement de même grosseur et disposés sur un seul cercle. Parmi ces faisceaux, on peut

en distinguer dix qui constituent la trace foliaire complète de la feuille [3], savoir :

$$(m'mm'LiMiLmm')^{3}\ (^{1}).$$

Ces dix faisceaux peuvent se reconnaître à leur situation sous les côtes de la tige (lesquelles sont en réalité peu marquées); ils sont aussi situés un peu plus vers l'extérieur que les autres. Les dix autres faisceaux sont réparateurs.

La figure 94, planche XII, permet de se faire une idée du trajet des vingt faisceaux de la coupe précédente :

Les dix faisceaux de la trace foliaire, après un trajet rectiligne, sortent dans la feuille, tandis que les autres faisceaux se bifurquent ou se trifurquent de façon que, dans l'entre-nœud suivant, vingt faisceaux existent encore dont dix constituant la trace foliaire complète du nœud [4]. C'est dans le nœud également que les faisceaux gemmaires apparaissent de chaque côté des faisceaux sortants. Il y a peu d'anastomoses dans la moitié supérieure du nœud.

La divergence entre la feuille [3] et la feuille [4] est de près de 180°.

Des racines nombreuses sont insérées dans la première moitié du nœud : il y en a une ou deux dans l'intervalle entre tous les faisceaux.

II. Portion souterraine qui se relève pour sortir du sol.

Cette portion diffère peu de la précédente. La section transversale (fig. 79, pl. VIII) pratiquée dans l'entre-nœud [18] contient cinquante-neuf faisceaux dont treize formant la trace foliaire. Ces faisceaux foliaires se distinguent aisément des autres fais-

(1) Dans un travail qu'il se propose de publier prochainement, M. le professeur A. Gravis exposera des considérations générales sur la nomenclature des faisceaux foliaires. J'ai cru utile d'adopter dès maintenant cette nomenclature, comme l'a fait également M. C. Lenfant dans son mémoire sur le genre *Delphinium*, *loc. cit.*

ceaux par leur forme et leur position. Alternant avec les faisceaux de la trace foliaire, il y a ici des groupes réparateurs et non pas de simples faisceaux réparateurs comme dans la portion précédente. Chaque groupe réparateur comprend de un à cinq faisceaux inégaux et inégalement rapprochés du centre de la tige. Parmi eux se trouvent déjà indiqués un certain nombre de faisceaux foliaires du nœud [19] et du nœud [20].

Quant au parcours (voir fig. 85, pl. IX), il ressemble davantage à celui qui va être étudié dans la portion aérienne.

La divergence entre la feuille [18] et la feuille [19] est de 157°.

III. Portion aérienne inférieure.

Une section transversale pratiquée dans l'entre-nœud [24] (fig. 80, pl. VIII) montre septante-neuf faisceaux de grosseur très diverse et disposés sur plusieurs rangs, les plus petits étant les plus extérieurs. Parmi ces faisceaux, on peut distinguer :

1° Quinze faisceaux constituant la trace foliaire complète de la feuille [24]

$$(m'mm'Lii'Mi'iLm'mm''m'm'')^{24}.$$

Ces quinze faisceaux présentent des caractères spéciaux qui permettent de les reconnaître aisément. Ils sont adossés au sclérenchyme périphérique et chacun d'eux correspond exactement à une côte saillante de la tige. Ces faisceaux se composent d'une longue pointe de bois primaire, d'un massif de bois secondaire qui embrasse partiellement le liber par sa zone cambiale;

2° Alternant avec ces quinze faisceaux de la trace foliaire, il y a quinze groupes réparateurs formés de faisceaux très inégaux et disposés sur plusieurs rangs. Parmi ceux-ci, treize faisceaux constituent la trace foliaire, complète également, de la feuille [25]

$$(m'mm'LiMi'iLm'mm'm'')^{25}.$$

Ces faisceaux ont une section de forme ovale à pointe arrondie; ils sont isolés, sauf les plus petits qui sont adossés au slérenchyme.

Treize autres faisceaux encore constituent la trace foliaire de la feuille [26]

$$(m''m'mm'\mathrm{L}i\mathrm{M}i\mathrm{L}m'mm'm'')^{26}.$$

Tous les autres faisceaux de la coupe transversale de l'entre-nœud appartiennent aux traces foliaires des feuilles 27, 28, 29, 30, etc.; mais ces traces foliaires successives sont, à ce niveau, de plus en plus incomplètes.

La figure 81 représente la coupe faite un peu au-dessus du nœud [24], un peu au-dessus de l'insertion de la feuille et du bourgeon. On peut aisément la comparer à la coupe précédente pratiquée dans l'entre-nœud au-dessous.

C'est l'examen des coupes successives dans une série de segments consécutifs qui a permis de faire les déterminations indiquées dans les figures 80 et 81, ainsi que dans le parcours correspondant reproduit à la figure 86, planche X.

Dans cette dernière figure, on remarquera d'abord les faisceaux de la trace foliaire du segment [24] qui, après un trajet rectiligne sans aucune ramification, sortent au niveau de la feuille [24]. Les autres faisceaux ont également un trajet rectiligne ; ils se ramifient de temps en temps pour donner naissance à de nouveaux foliaires destinés à des feuilles situées beaucoup plus haut. Les faisceaux gemmaires sont ici très nombreux et insérés plus bas le long des foliaires ou des réparateurs.

Quant à la divergence foliaire, elle est, dans la région étudiée, de 150° environ.

IV. Portion aérienne supérieure (inflorescence).

La portion de la tige qui forme l'axe général de l'inflorescence comprend un grand nombre de segments dont l'organisation va successivement en décroissant. On retrouve ici toutes les particularités signalées dans l'inflorescence de la tige principale au stade IV.

Une coupe transversale dans l'entre-nœud du segment [31] situé

à la base de l'inflorescence (fig. 92, pl. VIII) montre soixante faisceaux dont une trace foliaire

$$(m'mm'LiMiLm''m'mm')^{31}.$$

Alternant avec ces douze faisceaux, douze groupes réparateurs composés de trois à six faisceaux, parmi lesquels la trace foliaire du nœud ^{32} et celle du nœud ^{33}.

La première bractée reçoit donc douze faisceaux, la deuxième onze, la troisième neuf et ainsi de suite. Plus haut, dans l'inflorescence (fig. 83), la tige ne contient plus que dix faisceaux et la bractée n'en reçoit qu'un seul faisceau M.

B. INSERTION DES TIGES AXILLAIRES.

On peut distinguer deux sortes de bourgeons axillaires : ceux qui donnent naissance à des tiges feuillées et ceux qui forment les rameaux de l'inflorescence.

A. — Les premiers naissent sur les tiges souterraines, ainsi que sur le bas des tiges aériennes.

Dans les nœuds souterrains, le nombre des faisceaux gemmaires est double de celui des faisceaux foliaires; les gemmaires y sont en effet insérés, un à droite et un à gauche de chaque foliaire, un peu au-dessous du niveau de la sortie (fig. 94, pl. XII).

Dans les nœuds aériens, le nombre des faisceaux gemmaires est environ le triple de celui des faisceaux foliaires; ils sont insérés notablement plus bas, non sur les foliaires, mais sur d'autres faisceaux voisins (pl. X).

Pour sortir de la tige mère, les faisceaux gemmaires ne traversent pas le parenchyme médullaire, comme ils le font dans le *Ranunculus arvensis*, mais ils courent horizontalement dans le parenchyme externe et forment une ceinture très visible dans la moitié supérieure du nœud. Lorsque les coupes transversales successives sont minces, on n'observe qu'une partie des faisceaux

gemmaires sortants (fig. 95, pl. XII); lorsque, au contraire, la coupe transversale est suffisamment épaisse, on voit la ceinture gemmaire complète (fig. 96).

On peut aussi fendre un nœud longitudinalement, l'étaler et le rendre transparent par l'eau de Javelle : on obtient ainsi une préparation dont la figure 98 donne une idée. Pour ne pas compliquer cette figure, les faisceaux foliaires et les faisceaux gemmaires ont seuls été représentés.

B. — Les bourgeons axillaires qui donnent naissance aux rameaux de l'inflorescence apparaissent à l'aisselle des bractées, vers le haut des tiges aériennes. L'insertion de ces bourgeons est beaucoup plus difficile à débrouiller que celle des autres bourgeons. On ne constate pas de ceinture gemmaire, la sortie des faisceaux destinés au bourgeon se faisant néanmoins par l'extérieur.

Avant de se détacher complètement de la tige mère, le rameau produit lui-même un autre rameau, de telle sorte que, dans l'aisselle d'une bractée, on observe généralement deux ou trois axes courts, très ramifiés et florifères. L'insertion de l'axe de troisième ordre sur celui de deuxième ordre se faisant lorsque ce dernier n'est pas encore séparé de la tige primaire, on ne constate pas l'existence d'appendice au nœud de cette insertion.

C. HISTOLOGIE.

Nous ferons connaître l'histologie de chacune des quatre portions distinguées dans la tige adulte, ainsi que celle de la ceinture gemmaire.

I. Portion souterraine drageonnante.

La figure 78, planche VIII, donne une vue d'ensemble de la section à ce niveau; la figure 87, planche XI, indique tous les détails histologiques grossis davantage.

En avant de chaque faisceau, les fibres primitives sclérifiées

forment un arc scléreux interne (*Sclér. int.*). Le bois primaire (B^1) est constitué de trachées peu nombreuses. Les vaisseaux du bois secondaire (B^2) sont entremêlés d'éléments à parois minces. La zone cambiale (Cb) a produit aussi du liber secondaire (L^2) renfermant de grandes cellules grillagées [1]. Le liber primaire (L^1) bien conservé possède des cellules grillagées assez petites, accompagnées de cellules annexes. En arrière de chaque faisceau, un massif de sclérenchyme forme un arc scléreux externe (*Sclér. ext.*).

La gaine, parfaitement continue, large de deux à quatre assises cellulaires sans méats, est constituée d'éléments prismatiques à parois épaisses et ponctuées, mais non sclérifiées; leur aspect est plutôt collenchymateux (voyez *Gaine coll.* dans la fig. 87). Le chlorure de zinc iodé colore assez difficilement cette gaine : sur les coupes convenablement hydratées, ce réactif donne cependant une coloration franchement bleue alors que les arcs scléreux internes et externes se colorent nettement en jaune.

Au delà de la gaine, il n'existe plus qu'une couche subéreuse assez mince (*Sub.*).

La moelle (Tf''), en grande partie résorbée, est creusée d'une vaste lacune centrale. Il y a également des lacunes externes entre les faisceaux dans le voisinage du liber (*Lac. ext.* dans fig. 78, pl. VIII, et fig. 87, pl. XI); ces lacunes s'étendent parfois dans tout le tissu interfasciculaire, de telle façon que les faisceaux semblent suspendus dans une cavité centrale étoilée.

D'autres fois, au contraire, dans les grosses tiges drageonnantes, tous les arcs scléreux internes sont réunis en une zone sinueuse continue entourant ce qui reste de la moelle (voyez *Sclér. int.*, fig. 84, pl. VIII).

Les coupes longitudinales montrent que les cellules des arcs scléreux externes sont prismatiques (fig. 91, pl. XI), tandis que les cellules sont fibreuses dans les arcs scléreux internes (fig. 93);

(1) M. C.-V. Garnet (*loc. cit.*) déclare n'avoir jamais rencontré de cellules grillagées dans le liber du *Thalictrum flavum*.

toutes les cellules du sclérenchyme sont d'ailleurs marquées de ponctuations obliques. Les premiers vaisseaux sont rayés, les autres sont aréolés (fig. 92) : les cellules vasculaires, assez longues, laissent voir, après leur fusion, un reste de la cloison transversale sous la forme d'un anneau saillant à l'intérieur du vaisseau.

II. Portion souterraine qui se relève pour sortir de terre.

Cette portion diffère de la précédente par les particularités histologiques suivantes (fig. 79, pl. VIII, et fig. 88, pl. XI) :

Il n'y a pas d'arcs scléreux internes; par contre, les fibres ligneuses entremêlées aux vaisseaux du bois secondaire ont des parois fortement épaissies. La gaine est formée d'éléments très nettement sclérifiés. Le parenchyme cortical est en grande partie mortifié et écrasé : on y retrouve l'assise sous-épidermique et l'assise profonde contre la gaine. Cette assise profonde ne possède pas les plissements caractéristiques de l'endoderme. L'épiderme a subsisté et il n'y a pas de suber.

Dans les diaphragmes nodaux, comme dans ceux de la tige au stade IV, certaines cellules de la moelle possèdent des parois épaisses, sclérifiées et canaliculées (fig. 90).

III. Portion aérienne inférieure.

Les caractères histologiques propres à cette portion sont les suivants (fig. 80, pl. VIII, et fig. 89, pl. XI) :

La zone cambiale des faisceaux est arquée autour du liber. Le sclérenchyme de la gaine est très développé, comme aussi celui des arcs scléreux externes adossés à la gaine.

Le parenchyme cortical est bien conservé : son assise profonde est sans plissements ; les suivantes contiennent de la chlorophylle; l'assise sous-épidermique est collenchymateuse. L'épiderme, fortement cutinisé, est garni de stomates.

IV. Portion aérienne supérieure (inflorescence).

Au point de vue histologique, cette portion diffère à peine de la précédente (fig. 82, pl. VIII). On peut cependant noter que l'épiderme ne présente plus de stomates et que le parenchyme cortical ne renferme plus de chlorophylle.

Structure des portions aériennes de la tige comparée à celle des portions souterraines.

M. J. Costantin (¹) a étudié d'une façon spéciale ce qu'il a nommé le « passage de la tige aérienne au rhizome » dans le *T. minus* à l'effet de mettre en évidence l'influence du milieu sur la structure de la tige. Parmi les conclusions que l'auteur a cru pouvoir tirer de ses observations, il y en a deux au sujet desquelles certaines restrictions sont à faire :

1° D'après M. J. Costantin, « l'anneau de fibres existant à la périphérie du cylindre central » de la tige aérienne (= la gaine) disparaît dans la tige souterraine pour faire place à une couche subéreuse. Notre figure 87, planche XI montre clairement que la gaine est encore présente dans la portion souterraine, mais que ses éléments ne sont pas sclérifiés; le suber s'est formé *en dehors* de la gaine, dans la partie la plus profonde du parenchyme cortical;

2° M. J. Costantin indique aussi que « les faisceaux sont sur plusieurs cercles dans la tige aérienne et sur un seul cercle dans le rhizome ».

Nous pensons que la disposition des faisceaux ne dépend du milieu que d'une façon très indirecte.

Les régions qui portent des feuilles très amples contiennent un grand nombre de faisceaux qui, en raison même de leur nombre, se disposent sur plusieurs rangs, tandis que les régions qui ne produisent que des feuilles petites ou rudimentaires

(¹) *Loc. cit.*, p. 95.

renferment peu de faisceaux rangés en un seul cercle. Aussi voyons-nous les premiers segments de la tige principale, *quoique aériens*, posséder des faisceaux sur un seul cercle parce que la trace foliaire des premières feuilles, toujours très petites, ne comprend que trois ou cinq faisceaux. C'est seulement pendant la seconde année que les faisceaux plus nombreux commencent à se disposer sur plusieurs cercles, dans la portion de la tige principale qui porte des feuilles à trace foliaire composée d'une douzaine de faisceaux (voir fig. 64, pl. VI).

Inversement, certains segments, *quoique souterrains*, peuvent contenir des faisceaux nombreux rangés sur plusieurs cercles. Tel est le cas de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre dans la plante adulte (fig. 79, pl. VIII), portion qui porte de grandes feuilles, aériennes grâce à leur long pétiole.

On comprendra, d'ailleurs, que l'arrangement des faisceaux dépend non seulement de leur nombre, mais encore du diamètre de la tige avant l'apparition des tissus secondaires.

Il est à remarquer aussi que M. J. Costantin en comparant des coupes pratiquées depuis la partie aérienne vers la partie souterraine, a décrit les modifications anatomiques comme si la tige croissait de l'air dans la terre! Notre marche de la base vers le sommet de chaque tige est plus logique puisqu'elle suit l'axe dans la direction de sa croissance : elle permet de reconnaître, en même temps que l'influence très réelle du milieu, les variations plus considérables encore que les divers segments d'une tige peuvent présenter dans un milieu constant. M. A. Gravis a mis en lumière ces variations, qui dépendent de l'accroissement continu de la vigueur d'une plante en végétation (¹). Si M. J. Costantin avait suivi la marche ascendante, depuis la partie souterraine de la tige jusqu'à la partie aérienne, il aurait constaté que les faisceaux deviennent plus nombreux et se rangent sur plusieurs cercles lorque la tige n'a pas encore quitté le sol et

(¹) *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'Urtica dioica*, dans les Mémoires in-4° de l'Académie royale de Belgique, tome XLVII (1884), pp. 75, 92, 106 et 218.

que par suite cette modification ne peut être attribuée à l'influence du milieu aérien.

M. G. Bonnier (¹) s'est occupé également de l'anatomie du *T. minus :* il a insisté sur « les différences frappantes » que présente la structure du « rhizome » comparée à celle de « la base souterraine de la tige florifère ». A la planche XIV de son travail, il a représenté, par des « photographies directes sur cuivre », une coupe de chacun de ces deux niveaux, en faisant remarquer que ces niveaux ne sont distants l'un de l'autre que de quelques millimètres seulement et qu'ils sont situés tous deux sous la surface du sol. Dans le rhizome (notre première portion de la tige primaire), l'auteur reconnaît « la couche génératrice donnant du bois vers l'intérieur, sur un seul cercle, et du liber vers l'extérieur ». A la base de la tige florifère sous terre (notre deuxième portion), il trouve au contraire de « nombreux faisceaux sur plusieurs cercles sans formations secondaires. »

« On ne saurait, dit M. G. Bonnier, donner d'exemple plus net pour faire voir le peu d'importance que présentent les caractères de la structure de la tige, lorsqu'on veut distinguer les Monocotylédones des Dicotylédones ». Cette affirmation paraît bien surprenante sous la plume de l'un des représentants de l'École française à laquelle on doit les premières recherches sur les caractères anatomiques qui distinguent les Monocotylées des Dicotylées.

D'après M. G. Bonnier, la tige florifère se distinguerait donc par deux particularités : la disposition des faisceaux sur plusieurs cercles et l'absence de tissus secondaires. Quelle valeur faut-il attribuer à ces deux caractères?

Le premier est réel : il résulte de ce que la base de la tige florifère porte de grandes feuilles rapprochées les unes des autres, tandis que le rhizome ne produit que des feuilles rudimentaires espacées. D'ailleurs, on connaît aujourd'hui nombre de Dycotylées possédant des faisceaux rangés sur plusieurs cercles.

(¹) *Loc. cit.*, p. 390.

Le deuxième caractère, au contraire, est contestable. Dans le *T. flavum,* nous avons constaté un arc de cambium dans tous les faisceaux et à *tous les niveaux.* Nos figures 87 et 89, planche XI, prouvent l'existence du cambium aussi bien dans la portion aérienne que dans la portion souterraine. Il en est de même dans le *T. minus.* Le cambium ne forme pas, il est vrai, une zone génératrice circulaire et continue; il est seulement intrafasciculaire. Tous les auteurs ont admis son existence dans les Renonculacées. Quant aux tissus secondaires issus de l'activité génératrice du cambium, ils sont ici toujours intrafasciculaires et parfois si peu abondants qu'ils ne sont représentés que par quelques vaisseaux aréolés.

En regardant à la loupe la figure 1, planche XIV, de M. G. Bonnier, on peut reconnaître des traces non équivoques de l'arc cambial dans chaque faisceau, notamment dans la partie gauche de la photographie, bien que le grossissement soit manifestement insuffisant. Si dans la figure 2 de cette même planche, le cambium et les tissus secondaires sont plus apparents, cela provient de ce que cette figure représente le rhizome, c'est-à-dire la partie vivace, tandis que la première représente la partie fugace, la tige florifère, qui disparaîtra après la fructification.

M. J. Costantin (1) a admis l'existence du bois secondaire dans les faisceaux intérieurs de la tige aérienne du *T. minus*, mais sa figure 70 de la planche VI ne rend pas avec assez de netteté l'aspect des arcs cambiaux.

M. P. Marié (2) a reconnu un « cambium net » dans les faisceaux de la tige aérienne du *T. aquilegifolium* et l'a représenté pour celle du *T. angustifolium* (fig. 20).

M. E. Strasburger (3) a figuré avec toute la précision désirable le cambium d'un faisceau de la tige du *Ranunculus repens*, mais il a, croyons-nous, trop limité l'activité cambiale en ne considé-

(1) *Loc. cit.*, p. 174.
(2) *Loc. cit.*, p. 34.
(3) *Manuel technique d'anatomie végétale,* trad. française (1886), p. 111.

rant comme secondaires que les assises de cellules à parois minces situées contre l'arc générateur.

Malgré certaines ressemblances, plus apparentes que réelles, existant entre l'organisation des *Thalictrum* et celle des Monocotylées (ressemblances qui seront énumérées dans les « Conclusions » à la fin de ce mémoire), nous ne croyons pas qu'il soit permis de confondre la structure d'aucune partie d'un *Thalictrum* avec « la structure ordinaire des Monocotylédones ». Bien comprise, l'anatomie de la tige des *Thalictrum* appartient franchement au type des Dicotylées.

Ceinture gemmaire.

Nous savons déjà que les faisceaux destinés au bourgeon axillaire contournent le nœud en parcourant presque horizontalement le parenchyme cortical et qu'il en résulte une véritable ceinture gemmaire (voir ci-dessus, p. 42). Lorsqu'on examine extérieurement l'insertion d'une forte tige axillaire, on y voit une sorte de croissant qui embrasse la tige mère. Ce croissant se détache de la tige mère lorsqu'on exerce une traction violente sur la tige axillaire (fig. 75, pl. VII).

Une coupe longitudinale pratiquée dans un nœud souterrain, perpendiculairement au plan de symétrie de la feuille, rencontre les faisceaux gemmaires sectionnés *transversalement*. Dans la figure 76, planche VII, on remarquera trois de ces faisceaux à gauche et six à droite. L'un d'eux, reproduit par la figure 97, planche XII, à un grossissement plus fort, montre du bois et du liber, séparés par une zone cambiale, un massif scléreux en avant du bois et un autre en arrière du liber.

Lorsque la tige axillaire est vigoureuse, les faisceaux de la ceinture gemmaire contiennent une forte quantité de tissus secondaires libéro-ligneux, comme on peut en juger par la figure 77, planche VII, qui est un dessin d'ensemble d'une coupe longitudinale faite dans la région où la tige se relève pour sortir du sol : le nœud $^{n+2}$ y présente une ceinture gemmaire fort épaisse dans laquelle les faisceaux sont disposés en rayonnant autour d'un centre.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La forme des feuilles varie suivant leur position sur la tige. Aux nœuds de la portion souterraine drageonnante des plantes adultes, les feuilles sont rudimentaires, réduites à leur gaine; les stipules font défaut (pl. XIII, fig. 101).

Le long de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre, les feuilles passent insensiblement de la forme précédente à la feuille pérulaire avec pétiole et limbe rudimentaires au sommet de la gaine. Les stipules manquent encore (fig. 102).

Sur la portion aérienne inférieure, les feuilles atteignent leur maximum de complication et de développement. Elles se composent d'une gaine assez développée avec deux stipules adnées (fig. 103), d'un pétiole et d'un rachis primaire portant six paires de rachis secondaires, les deux inférieurs eux-mêmes quatre fois subdivisés. Il y a des stipelles aux premiers nœuds du rachis primaire, des stipellules aux premiers nœuds des rachis secondaires. Ces feuilles, les plus complètes, comptent jusqu'à cent trente-sept folioles.

Ce type foliaire se réduit graduellement à mesure qu'on s'élève le long de la tige dans sa portion aérienne supérieure. On rencontre ainsi des feuilles bractéiformes ([1]), pourvues de stipules, d'un rachis primaire avec stipelles, de rachis secondaires avec stipellules et de quarante à cinquante folioles; le pétiole n'existe pas, la première paire de rachis secondaires se détachant immédiatement au-dessus des stipules (fig. 108). On passe ensuite insensiblement aux bractées réduites à cinq, trois et même une seule foliole (fig. 109 et 110); ces bractées n'ont pas de pétiole, mais possèdent deux stipules.

Dans les tiges primaires de la plante adulte, le métamorphisme foliaire est donc progressif depuis l'insertion de ces tiges jusqu'à leur portion aérienne inférieure; il est régressif dans toute l'étendue de la portion aérienne supérieure.

([1]) Voir note au bas de la page 33.

STRUCTURE.

A. PARCOURS DES FAISCEAUX.

Nous nous bornerons à décrire les principaux niveaux d'une feuille complète de la portion aérienne inférieure.

La section transversale à la base de la gaine (pl. XIV, fig. 113) présente quinze faisceaux :

$$m''m'm\ m'Lii'Mi'iLm'm\ m'm''.$$

Un peu plus haut, deux faisceaux m''' se détachent des faisceaux m'' les plus voisins des bords ; ces faisceaux m''' se ramifient plusieurs fois et se perdent dans les deux stipules.

En s'élevant dans la gaine, tous les faisceaux subissent une sorte de dédoublement qui a pour effet de produire des faisceaux internes en face des faisceaux externes. Toutefois le nombre des premiers est toujours moindre que celui des seconds, à cause des anastomoses nombreuses qui s'opèrent à la face interne du pétiole beaucoup moins large que la face externe. En même temps, une lacune centrale apparaît entre les deux séries de faisceaux. La coupe représentée par la figure 114 a été faite au niveau où commencent ces dédoublements et ces anastomoses : des traits y indiquent la provenance des faisceaux internes. Les mêmes faits se répètent progressivement à travers les faisceaux marginaux (m, m', m''). A la base du pétiole (fig. 115), il y a déjà quarante-deux faisceaux de diverses grosseurs rangés autour d'une cavité centrale. On remarque en outre à ce niveau les deux stipules adnées et vascularisées aux dépens des deux faisceaux m'''. Plus haut, le faisceau M subit à son tour un dédoublement; d'autres ramifications et des anastomoses nombreuses donnent au pétiole sa structure caractéristique (fig. 116). On y reconnaît une cinquantaine de faisceaux dont un faisceau O issu d'anastomose.

Dans le premier entre-nœud du rachis primaire qui fait suite au pétiole, on retrouve vingt-quatre faisceaux circulairement

disposés autour d'une cavité centrale, gros et petits alternant (fig. 117) :

$$m''m'm''m\ m''m'm''Li'ii'Mi'ii'Lm''m'm''m\ m''m'm''O.$$

Dans les entre-nœuds suivants du même rachis, le nombre des faisceaux diminue de plus en plus.

Insertion des rachis secondaires et des stipules (fig. 118). — Au premier nœud du rachis primaire, chacun des rachis secondaires débute par une vingtaine de faisceaux insérés sur les faisceaux L$m'mm'$ du pétiole. Les stipelles externes reçoivent quelques faisceaux intermédiaires du pétiole ($i'ii'$). Les stipelles internes reçoivent de même quelques faisceaux issus des faisceaux marginaux du pétiole ($m''m'''$). Ce premier nœud du rachis est extrêmement compliqué : la figure 118 est un schéma. Les deux figures 119 et 120 reproduisant, au contraire, très exactement l'aspect de deux des coupes, donneront une idée des difficultés que présente l'étude de cette région.

Aux deuxième, troisième, quatrième, etc., nœuds du rachis primaire, les rachis secondaires contiennent de moins en moins de faisceaux. L'insertion de ces rachis secondaires et de ces stipelles se fait d'une façon analogue à ce qui vient d'être décrit.

Insertion des rachis tertiaires et des stipellules. — Cette insertion se fait encore de la même manière, mais simplifiée en ce que le nombre des faisceaux est encore plus réduit. Les pétiolules contiennent cinq faisceaux :

$$m\mathrm{LML}m,$$

les deux marginaux pouvant parfois s'anastomoser en un seul (fig. 121).

B. HISTOLOGIE.

Une coupe transversale au milieu du limbe de la feuille adulte montre :

1° *L'épiderme interne*, sans stomates, formé de cellules tabulaires sans chlorophylle, à cuticule épaisse et lisse. Vues de face,

ces cellules ont des contours sinueux. De distance en distance, on retrouve l'insertion d'un poil glanduleux (fig. 122).

2° *L'épiderme externe* à cuticule beaucoup plus mince, avec nombreux stômates formés de deux cellules de bordure au niveau de la surface et surmontés de deux replis saillants de la cuticule. Vu de face, il présente des cellules à contours sinueux, si ce n'est au-dessus des nervures où les parois sont rectilignes, épaisses et ponctuées. Les stomates arrondis n'ont pas de cellules annexes (fig. 123).

3° *Le mésophylle*, constitué par une dizaine d'assises de cellules chlorophylliennes. Les deux assises supérieures, formées de cellules à section carrée plus petites que celles des autres assises, méritent à peine le nom de palissade. Les huit autres assises, formées de cellules irrégulières à grands méats, constituent un mésophylle spongieux. La chlorophylle est régulièrement répartie dans tout le mésophylle. Il n'y a dans la feuille adulte ni glandes ni cristaux.

4° *Les nervures* ne présentent rien de particulier. Un massif de sclérenchyme se trouve entre chaque faisceau et l'épiderme externe dont les cellules ont des parois épaisses et ponctuées.

C. VALEUR MORPHOLOGIQUE DES STIPULES, DES STIPELLES ET DES STIPELLULES.

M. Trecul [1] a soutenu l'homologie de la gaine des monocotylées et des stipules des dicotylées. « Il y a, dit-il, la plus grande analogie entre la formation des stipules foliaires et celle d'une gaine; cette analogie est telle qu'il est impossible de les distinguer dans le principe. »

M. Van Tieghem [2], au contraire, fait de la gaine et des stipules deux choses bien distinctes. Pour ce botaniste, « la gaine

[1] *Mémoire sur la formation des feuilles*, dans les ANNALES DES SCIENCES NATURELLES, Botanique, 3e série, t. XX, 1853, p. 288.

[2] *Traité de Botanique* (1884), p. 308.

est la base dilatée par où la feuille s'attache au pourtour du nœud en embrassant plus ou moins la tige, à la façon d'un étui ». Quant aux stipules, il les considère « comme le résultat d'une ramification très précoce du pétiole ou du limbe à sa base et dans son plan. C'est à proprement parler, dit-il, une première paire de folioles, différenciées le plus souvent par rapport au limbe primaire et par rapport aux autres folioles, s'il s'en produit, et adaptées à une fonction spéciale. Toute feuille pourvue de stipules est donc en réalité une feuille composée. Il suffit pour s'en convaincre de remarquer que les nervures des stipules vont toujours s'attacher à peu de distance au-dessus de la surface de la tige, aux nervures du pétiole ou du limbe primaire dont elles ne sont que des ramifications ».

M. Lecoyer, dans sa Monographie des *Thalictrum* [1], considère les expansions latérales du pétiole engainant de la feuille des Pigamons, comme des oreillettes et il adopte l'expression de gaine auriculée, considérant, avec Lamarck et de Candolle, le pétiole des *Thalictrum*, comme exstipulé dans le genre entier.

Dans nos recherches sur le *Thalictrum flavum*, nous avons recueilli un certain nombre d'observations qui jettent un peu de jour sur cette question si controversée de l'origine de la gaine, des stipules et des stipelles.

I. Gaine et stipules.

1. *Feuilles de la tige principale.* — Les premières feuilles de la tige principale, celles à trois folioles, présentent une gaine assez courte (5 millimètres environ) surmontée de deux petites expansions non vascularisées (pl. IV, fig. 43). Cette gaine est parcourue dans toute son étendue par trois faisceaux LML qui ne s'y divisent pas (fig. 45).

Les feuilles qui précèdent la pérule, celles à neuf folioles, ont une gaine notablement plus longue (1 centimètre environ)

[1] *Loc. cit.*

présentant encore deux expansions latérales non vascularisées (pl. V, fig. 57). Cette gaine reçoit de la tige onze faisceaux :

$$m'm \; m'LiMiLm'm \; m'$$

qui s'unissent entre eux de distance en distance par des anastomoses obliques. Un des faisceaux, le faisceau *m'* le plus voisin du bord droit, se perd dans l'une des expansions latérales (fig. 62).

2. *Feuilles de la tige primaire.* — Les feuilles des tiges souterraines drageonnantes sont petites (2 centimètres environ), écailleuses, réduites à la portion engainante des feuilles complètes (pl. XIII, fig. 101). Il n'y a pas d'expansions latérales. Cette feuille rudimentaire reçoit de la tige onze faisceaux :

$$m'm \; m'LiMiLm'm \; m'$$

qui, dans l'étendue de la gaine, s'unissent par quelques anastomoses obliques et vont se fusionner à son sommet.

Les feuilles pérulaires de la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre ne diffèrent des précédentes que par la présence d'un pétiole et d'un limbe rudimentaires au sommet de la gaine. Pour le reste, même forme, mêmes dimensions et même nervation. Les stipules manquent encore (fig. 102).

Les feuilles de la portion aérienne inférieure de la tige sont complètes : elles possèdent une gaine assez développée et deux stipules adnées au pétiole. Une des premières feuilles de cette portion reçoit quatorze faisceaux (fig. 103) :

$$m'm \; m'Li'ii'Mi'iLm'm \; m'.$$

Les deux faisceaux *m'* les plus voisins des bords se rendent directement dans les stipules. Une autre feuille (fig. 104) reçoit quinze faisceaux :

$$m''m'm \; m'Lii'Mi'iLm'm \; m'm''.$$

La nervation de ses stipules consiste en deux faisceaux *m''' qui*

se détachent des faisceaux pétiolaires les plus rapprochés des bords. Enfin la feuille la plus complète (fig. 105) reçoit vingt faisceaux :

*m'''m''m'm''m m'm''*Lii'Mi'iL*m'm m''m'm''m'''*.

La nervation des stipules consiste en deux faisceaux m^{IV} *qui se détachent*, ici aussi, *des faisceaux pétiolaires.*

Les feuilles de la portion aérienne supérieure (fig. 106) montrent une gaine plus courte surmontée de deux stipules légèrement laciniées, scarieuses à leur extrémité et vascularisées. La nervation de ces stipules est identique à celle de la feuille représentée par la figure 104.

Les feuilles bractéiformes ont une gaine presque nulle, mais, par contre, les stipules sont larges, scarieuses dans leur moitié supérieure, fortement laciniées et vascularisées. On compte à la base neuf faisceaux :

*m m'*LiMiL*m'm*

dont les *m* fournissent bientôt en dehors deux *m'* qui se ramifient plusieurs fois et se perdent dans les stipules (fig. 107).

Les bractées à trois folioles n'ont plus de gaine visible; les stipules grandes, laciniées et scarieuses ne sont pas vascularisées. Ces bractées prennent à la tige trois faisceaux LML qui ne se divisent qu'à l'insertion des folioles (fig. 109).

Les bractées à une foliole n'ont pas de gaine, mais possèdent des stipules très grandes et en tout semblables à celles des bractées précédentes. Elles sont parcourues par un seul faisceau M indivis (fig. 110).

En résumé, la gaine et les stipules présentent les modifications suivantes :

1° Dans les feuilles les plus petites des plantules, la gaine, relativement importante, est surmontée de deux petites saillies purement cellulaires, une de chaque côté du pétiole.

2° Dans les feuilles les plus amples de la plante adulte, il y a une gaine courte ou plutôt un pétiole simplement élargi à sa base et deux stipules relativement grandes. Celles-ci reçoivent des faisceaux fournis par les faisceaux marginaux du pétiole.



3° Entre ces deux dispositions, une série d'intermédiaires montrent l'atrophie graduelle de la gaine et le développement de plus en plus marqué des stipules.

4° Dans les bractées, la gaine est nulle; les stipules très grandes ne sont plus vascularisées, mais l'absence de faisceaux est une conséquence de la nature scarieuse de ces stipules.

Si nous négligeons les bractées à stipules scarieuses et les premières feuilles relativement peu développées, comme celles de la figure 103, nous pouvons dire que « les nervures des stipules vont toujours s'attacher à peu de distance au-dessus de la surface de la tige, aux nervures du pétiole » (voyez fig. 104, 105, 106 et 107). Il nous semble donc impossible de douter encore de l'existence de vraies stipules dans les *Thalictrum*. De plus, il est non moins évident que les stipules des *Thalictrum* procèdent de la gaine. D'où cette conclusion que nous croyons pouvoir tirer, contrairement à l'opinion de M. Van Tieghem, que les stipules des Dicotylées sont homologues à la gaine des Monocotylées.

II. Stipelles.

On les observe principalement sur les feuilles des régions aériennes inférieure et moyenne (feuilles les plus amples); encore ne prennent-elles tout leur développement qu'à la base des trois premières paires de rachis secondaires, c'est-à-dire aux trois premiers nœuds du rachis primaire. A chacun de ces nœuds elles se trouvent au nombre de quatre, dont deux à la face interne (supérieure), assez souvent concrescentes et deux à la face externe (inférieure), toujours libres. Les internes, toujours plus développées que les externes, se présentent ordinairement sous l'aspect d'une lame unique à bords laciniés, recevant à droite et à gauche des faisceaux des marginaux. Les externes, au contraire, étroites et lancéolées, reçoivent des faisceaux des intermédiaires (fig. 111).

Lorsqu'elles sont peu développées, les stipelles se montrent comme de petites saillies non vascularisées; c'est le cas pour

celles insérées aux nœuds supérieurs du rachis primaire des grandes feuilles.

Les feuilles de la tige principale sont même complètement dépourvues de stipelles, comme M. Massart l'a constaté ([1]).

III. Stipellules.

Les stipellules sont plus rares encore que les stipelles; on ne les trouve guère qu'aux deux premiers nœuds des rachis secondaires des feuilles les plus développées de la plante adulte. Les stipellules internes semblent exister seules. Elles sont pour le reste semblables aux stipelles (fig. 112).

D. PRÉFEUILLE.

La préfeuille, dans le *T. flavum*, est toujours une gaine dépourvue de pétiole et de limbe. Le nombre de ses faisceaux est variable : trois, cinq, sept, neuf ou quinze. Le nombre est d'autant plus grand que la tige mère à l'endroit considéré comprend elle-même un plus grand nombre de faisceaux. Les faisceaux d'une préfeuille sont toujours symétriquement disposés des deux côtés du médian. La position de la préfeuille est tantôt à droite, tantôt à gauche du plan médian de la feuille à l'aisselle de laquelle le bourgeon a pris naissance (fig. 124 et 125).

([1]) *La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale.* (Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique, t. XXIII, 1894, p. 178.)

§ 3. LES RACINES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La plante adulte, comme la plante à la fin de la seconde année de végétation, ne porte que des racines adventives insérées en grand nombre aux nœuds de la portion souterraine des tiges. Ces racines, longues de 40 centimètres environ, larges de 2 à 3 millimètres, sont cylindriques, jaunâtres, garnies de radicelles et de papilles abondantes, courtes et serrées.

STRUCTURE.

Le bois primaire se compose de quelques trachées disposées en quatre pôles centripètes (B^1). Le liber primaire, reporté vers l'extérieur, se présente sous l'aspect de quatre massifs assez nettement délimités (L^1). Les fibres primitives qui forment la partie centrale du faisceau multipolaire primaire sont totalement ou partiellement sclérifiées (voyez *Fib. prim. sclér.* dans la fig. 100, pl. XII).

La zone génératrice est en partie cambiale et en partie cambiforme. Les quatre arcs cambiaux (*Cb.*) alternant avec les pôles ligneux primaires ont produit du bois secondaire (B^2) et du liber secondaire (L^2). Les quatre ponts cambiformes (*Cbf.*) situés en face des pôles ligneux primaires ont engendré, en même temps, du tissu fondamental secondaire interne fortement sclérifié et du tissu fondamental secondaire externe très abondant et parenchymateux (voyez Tf^{2i} et Tf^{2e} dans les figures 100 et 100bis). Dans certaines racines, le Tf^{2i} fait défaut (¹).

(¹) Les tissus que nous désignons ici par les termes Tf^{2e} et Tf^{2i} ont été diversement compris.

En 1881, M. L. Olivier, dans ses *Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines* (Ann. sc. nat., VI, 11, p. 119), a soutenu l'existence, dans les racines de *Thalictrum* et d'autres plantes, d'un « parenchyme tégumentaire

L'endoderme, qui constitue actuellement la surface de la racine, montre ses cellules étirées tangentiellement et recloisonnées radialement une dizaine de fois. Tout le parenchyme cortical a été décortiqué et il n'y a pas de suber.

Les racines adventives de la plante adulte, comme celles de la plante au stade V sont insérées, dans la première moitié du nœud, à droite et à gauche de chaque faisceau foliaire; elles sont unies par leurs tissus libéro-ligneux en même temps au faisceau foliaire et au faisceau réparateur le plus voisin (fig. 88, pl. IX, 94 et 98, pl. XII).

Certaines racines ne présentent que trois pôles.

secondaire *centrifuge* ». Parmi les figures qui accompagnent son travail, aucune n'est destinée à la démonstration de cette affirmation.

En 1885, M. P. Marié, dans ses *Recherches sur la structure des Renonculacées* (p. 32), a décrit, dans les racines du *T. Aquilegifolium*, un « péricycle devenu générateur et détachant des segments en dedans seulement, pour donner un parenchyme cortical secondaire à l'aspect légèrement collenchymateux ». D'après l'explication de la figure 11 donnée à la page 172, ce parenchyme cortical secondaire a pris naissance par le « cloisonnement *centrifuge* du péricycle ».

Le parenchyme tégumentaire secondaire de M. Olivier et le parenchyme cortical secondaire de M. Marié ne sont autre chose que notre Tf^{1a} et nos figures 100 et 100bis montrent que ce Tf^{1a} est issu du cambiforme *Cbf.* de la même manière que le liber secondaire (L') est issu du cambium (*Cb.*), c'est-à-dire en direction *centripète.*

D'autre part, M. Marié (p. 37) a signalé des « amas scléreux en dehors des lignes vasculaires primaires », comme si ces amas étaient primaires. En réalité, il s'agit d'un tissu secondaire à développement centrifuge, comme le bois secondaire : c'est notre Tf^{2i} (fig. 100bis).

En 1889, M. G. Bonnier (*loc. cit.*, p. 341) a décrit encore du « sclérenchyme péricyclique » dans les racines grêles du *T. tuberosum.*

M. C.-Eg. Bertrand avait cependant indiqué, dès 1880, dans sa *Théorie du Faisceau,* la véritable nature des deux tissus dont il est ici question; il avait démontré (pp. 57, 58 et fig. 50, 51) leur origine commune au dépens d'un arc de cambiforme à fonctionnement double comme un arc de cambium. (Concernant la nomenclature histologique, voyez la note au bas de la page 17 du présent mémoire.)

Les radicelles ont un faisceau à deux, trois ou quatre pôles et sont toujours réduites à leurs tissus primaires.

Les racines adventives et leurs radicelles présentent parfois, de distance en distance, des renflements de diverses grosseurs qui pourraient faire croire à un phénomène de tubérisation. Il n'en est rien cependant, car ce sont là des hypertrophies ayant pour cause la présence d'un acarien qui vit en parasite dans les racines ([1]).

([1]) M. Lecoyer (*loc. cit.*, p. 109) indique chez les *Thalictrum foetidum* et *minus* une hypertrophie accidentelle des racines adventives qui pourrait bien avoir la même origine.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

EMBRYON (p. 7.)

Situé dans l'angle supérieur de l'akène, l'embryon du *Thalictrum flavum* est fort petit (longueur, $0^{mm},4$; largeur, $0^{mm},2$). Celui du *Ranunculus arvensis* est logé dans l'angle inférieur de l'akène et est sensiblement plus gros (longueur, $0^{mm},8$; largeur, $0^{mm},3$).

Le parenchyme cortical constitué par onze assises de cellules dans l'embryon de la Renoncule des champs, n'en compte que sept dans le Pigamon jaune (fig. 1 à 5).

PLANTULES.

Stade I (p. 10). — Au début de la germination, l'axe hypocotylé présente, dans toute son étendue, deux trachées marquant les pôles d'un faisceau bipolaire à développement centripète. Un peu plus tard, une trachée se différencie dans chaque faisceau cotylédonaire dont le bois se différenciera ultérieurement en direction centrifuge. Quelques millimètres au-dessous de l'insertion des cotylédons, on voit nettement le contact entre les trachées centripètes et les trachées centrifuges (fig. 6 à 11).

Stade II (p. 12). — La structure est la même dans les deux espèces comparées. Le diamètre total de la section au milieu de l'axe hypocotylé est un peu plus faible dans le *Thalictrum*, les faisceaux libéro-ligneux y sont un peu moins gros. Les cellules du *Thalictrum* sont notablement plus grandes, mais elles sont beaucoup moins nombreuses que celles du *Ranunculus*.

Le contact entre les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs A, B, C, D d'une part, et le faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé d'autre part, s'effectue dans les deux espèces par des trachées courtes sur une région assez étendue dans le nœud cotylédonaire (fig. 12 à 21).

Le faisceau bipolaire de la racine n'est que la continuation de celui de l'axe hypocotylé.

Stade III (p. 15). — L'axe hypocotylé, plus épais, est fortement ridé transversalement. Ces rides sont le résultat d'une déchirure longitudinale et annulaire dans le parenchyme cortical, déchirure qui a permis aux couches extérieures détachées sur toute la longueur de l'axe hypocotylé, mais fixées encore aux autres tissus par leurs deux extrémités, de s'allonger par le fait de la tension longitudinale (fig. 22 à 26).

Les cellules de l'endoderme, dont le protoplasme est vivement coloré en jaune, se sont fortement accrues puis recloisonnées radialement et transversalement un certain nombre de fois (fig. 27).

Comme dans le *Ranunculus*, les faisceaux de la tige principale débutent à ce stade, dans le nœud cotylédonaire, par six faisceaux (déjà indiqués au stade II) dont deux médians destinés aux feuilles 1 et 2 et quatre réparateurs A, B, C, D. Mais, dans l'espèce qui nous a occupé, ni le A ni le B ne se bifurque pour donner naissance à un cinquième réparateur (fig. 30 et 32).

Dans le *Thalictrum*, il a été constaté, tant parmi les plantules que parmi les plantes adultes, un nombre sensiblement égal d'individus dextres et d'individus senestres.

Ordinairement, les plantules ne sont ni plus larges, ni plus développées à la face antérieure qu'à la face postérieure, et il n'est guère possible de déterminer le cotylédon antérieur sans avoir recours à l'observation de la spire phyllotaxique.

Tandis que les cotylédons du *Ranunculus* ne présentent pas de glandes, ceux du *Thalictrum*, comme ceux de l'*Urtica dioïca* [1], montrent à leur sommet une glande à eau destinée à remédier à l'excès de tension dans l'appareil aquifère (fig. 33 et 40). Les stomates aérifères ne garnissent que la face externe (inférieure) du cotylédon. Au-dessus de la glande à eau, une douzaine de stomates aquifères béants existent sur la face interne de l'organe (fig. 41 et 42).

[1] M. A. Gravis, *loc. cit.*

Le pétiole cotylédonaire et les deux faces du limbe portent des poils glanduleux peu abondants ([1]). Il n'y a pas de cristaux (fig. 39).

Les deux cotylédons reçoivent chacun deux faisceaux qui se fusionnent dès la base du cotylédon, comme c'est le cas dans le *Ranunculus;* les pôles ligneux centripètes accompagnent les faisceaux cotylédonaires dans la partie inférieure des pétioles de chaque cotylédon (fig. 37 et 38).

Les premières feuilles des plantules sont trifoliolées et présentent une gaine surmontée de deux petites proéminences latérales non vascularisées; il y a des glandes à eau, des poils glanduleux peu abondants, des stomates dépourvus de cellules annexes et un mésophylle bifacial; pas de cristaux (fig. 43 à 50).

Vers la fin de la première saison, la plantule s'enfonce graduellement en terre. Cet enfoncement, qui a pour effet de plonger dans le sol, afin de les abriter, les premiers nœuds de la tige principale, est le résultat d'un raccourcissement des portions suffisamment âgées de la racine principale, des racines adventives et des radicelles; ce raccourcissement est provoqué par une augmentation de la turgescence de ces organes (fig. 51).

Stade IV (p. 27). — Pendant la première année, la plante développe successivement des segments caulinaires et des feuilles de plus en plus amples. La tige principale comprend quatre portions caractérisées chacune par le nombre des faisceaux composant les traces foliaires : ce nombre varie de 3 à 9 (fig. 52 à 56).

Les feuilles qui précèdent la pérule, comptent neuf folioles et leur gaine est surmontée de deux petites proéminences latérales. Ces proéminences, qui peuvent recevoir l'extrémité d'un petit faisceau marginal, sont des stipules rudimentaires. Il n'y a plus de glandes à eau, ni de poils glanduleux (fig. 57 à 62).

Le sclérenchyme de la tige principale est remarquable par ses origines diverses (fig. 55 et 56).

Le parenchyme cortical de l'axe hypocotylé est tombé et la

([1]) M. Lecoyer (*loc. cit.*, p. 96) indique les cotylédons comme étant glabres dans tout le genre *Thalictrum*.

surface est constituée par l'endoderme à cellules recloisonnées (fig. 53).

Stade V (p. 32). — Pendant l'hiver, les plantules perdent leurs feuilles, et leur bourgeon terminal hiverne à l'abri d'une pérule; au printemps suivant, la tige principale continue son développement.

Dans une tige principale, à la fin de la deuxième année, deux régions sont à considérer : l'une correspondant à la pousse de la première année, l'autre à la pousse de la deuxième saison terminée par une inflorescence. Cette seconde pousse comprend trois portions. Le nombre des faisceaux composant chaque trace foliaire augmente d'abord de 9 à 12, puis il va en diminuant de façon que les dernières bractées ne reçoivent qu'un seul faisceau (fig. 63 à 68).

Dans la portion qui correspond aux feuilles les plus amples, les faisceaux devenus plus nombreux commencent à se disposer sur plusieurs cercles : les foliaires, reconnaissables à leur section pointue, se rapprochent plus du centre que les autres (fig. 64). L'origine des tissus sclérifiés est encore variable.

Les racines contiennent, outre du bois et du liber secondaires issus des arcs cambiaux, du Tf^{2a} engendré par des ponts de cambiforme (fig. 69 et 70).

PLANTE ADULTE.

LES TIGES.

A la fin de la seconde saison, après avoir fleuri, la partie aérienne de la tige principale s'est détruite; la partie souterraine a hiverné et les bourgeons qu'elle portait se sont développés, au printemps suivant, les uns en tiges aériennes, les autres en tiges souterraines destinées à hiverner à leur tour.

Parcours des faisceaux (p. 38). — La tige primaire adulte comprend quatre portions caractérisées par une structure particulière. Dans chacune de ces portions, le nombre des faisceaux de la trace foliaire est toujours égal à celui des réparateurs ou groupe de réparateurs.

Ainsi, dans la portion souterraine drageonnante, sur les 20 faisceaux libéro-ligneux de la section transversale, 10 foliaires alternent avec 10 réparateurs qui fourniront les foliaires du nœud suivant (fig. 78 et 94).

Dans la portion souterraine qui se relève pour sortir de terre, sur les 59 faisceaux, 13 foliaires alternent avec 13 groupes réparateurs contenant chacun de 1 à 5 faisceaux (fig. 79 et 85).

Dans la portion aérienne inférieure, sur les 79 faisceaux, 15 foliaires alternent avec 15 groupes réparateurs de 1 à 7 faisceaux chacun (fig. 80 et 86).

Dans la portion aérienne supérieure, l'inflorescence peut contenir 60 faisceaux dont 12 foliaires alternant avec 12 groupes réparateurs de 3 à 6 faisceaux (fig. 82). Tout au sommet de l'inflorescence, il n'y a que 5 faisceaux dont un seul est foliaire; les quatre autres réparateurs représentent les faisceaux A, B, C, D des plantules (fig. 83).

L'existence de ces quatre réparateurs semble liée à la symétrie tétramère des fleurs du *Thalictrum,* comme l'existence de cinq réparateurs AA'BCD dans la Renoncule semble en rapport avec la symétrie pentamère des fleurs de cette plante.

Divers auteurs ont insisté sur les ressemblances qu'ils ont trouvées entre l'*aspect* d'une coupe faite dans la tige des *Thalictrum* adultes et celui d'une coupe ordinaire de Monocotylée. Ces ressemblances existent tant au point de vue du parcours des faisceaux qu'au point de vue de l'histologie. Le second point sera examiné plus loin; quant au premier, il faut tout d'abord faire remarquer que les ressemblances signalées se limitent à la portion souterraine qui se relève (fig. 79) et aux portions aériennes (fig. 80 et 82) de l'adulte. Elles proviennent :

1° Du grand nombre des faisceaux destinés à une même feuille;

2° De la disposition des faisceaux à des distances variables du centre de la tige;

3° Du long trajet des foliaires dans la tige, d'où résulte l'absence de véritables sympodes réparateurs.

Dans le nœud, les faisceaux foliaires pénétrant de la feuille

dans la tige s'avancent notablement vers le centre et descendent toute l'étendue d'un entre-nœud : ils sont alors situés sous les côtes et leur bois primaire forme une pointe effilée. Arrivés au nœud en dessous, ils se rapprochent de la périphérie, ne correspondent plus aux côtes et leur massif ligneux primaire s'arrondit. Après avoir descendu un deuxième entre-nœud, ils se rapprochent encore de la périphérie, descendent un troisième entre-nœud, et ainsi de suite. Leur section est alors celle d'un petit faisceau adossé à la zone externe de sclérenchyme. Il est à observer que le faisceau médian descend le plus bas et que la longueur des autres (latéraux, intermédiaires et marginaux de divers ordres) est de plus en plus réduite. Tous ces faisceaux se terminent vers le bas en se jetant sur l'un des faisceaux voisins qui est généralement un faisceau foliaire à massif ligneux arrondi.

Dans le *Thalictrum flavum* adulte, on ne retrouve donc pas les faisceaux réparateurs si nettement caractérisés du *Ranunculus arvensis*. Si, au contraire, on part de l'embryon, on constate très nettement, au bas de la tige principale du *Thalictrum*, les 4 réparateurs A, B, C, D de la Renoncule. Mais tandis que dans cette dernière plante le faisceau A ou le faisceau B se bifurque seul, dans le *Thalictrum*, les 4 faisceaux se ramifient successivement de telle façon que dans l'entre-nœud ¹¹ de la tige principale, il y a déjà 8 réparateurs, savoir : A′, A″, A‴, B′, B″, C, D′, D″ (fig. 54). Plus haut, ils deviennent plus nombreux encore, mais perdent leurs caractères de réparateurs : ils se sont ramifiés et leurs branches constituent des faisceaux foliaires tels que ceux de l'adulte.

Dans les plantules du *Thalictrum*, le parcours est donc identique à celui du *Ranunculus arvensis*; il se modifie graduellement au point d'en différer complètement. Dans les deux genres que nous comparons, les plantules semblent donc fournir plus de caractères communs que les plantes adultes.

L'étude des tiges, dans toute leur étendue et à tous les âges, est particulièrement intéressante, en ce sens qu'elle permet de rétablir l'évolution ontologique de la plante tout entière. Partant de l'embryon, nous avons constaté que les segments suc-

cessifs présentent une organisation qui va d'abord en se compliquant et ensuite en se simplifiant. Deux faits principaux résument l'évolution progressive :

1° Augmentation du nombre des faisceaux constituant la trace foliaire (3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15,...) et, concurremment, augmentation du nombre des réparateurs (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,...);

2° Remplacement de chaque réparateur ramifié par un nombre de plus en plus grand de faisceaux, parmi lesquels on peut déterminer les foliaires d'un certain nombre de segments suivants.

L'évolution régressive se manifeste dans l'axe et les rameaux de l'inflorescence par une diminution du nombre des faisceaux tant foliaires que réparateurs, de telle sorte que, tout au sommet de la tige, la trace foliaire n'est plus composée que d'un seul faisceau, les réparateurs étant au nombre de quatre.

Insertion des tiges axillaires (pp. 42 et 43). — Cette insertion, dans les *Thalictrum*, présente des particularités qui, croyons-nous, n'ont encore été signalées dans aucune plante.

Les faisceaux gemmaires qui se rendent dans une tige axillaire feuillée sont en nombre double ou même triple du nombre des foliaires destinés à la feuille aisellière. Il sont insérés soit sur les foliaires soit sur les faisceaux voisins (fig. 94, 85, 86, 98, 95). Pour sortir, ils contournent le nœud en parcourant le parenchyme cortical presque horizontalement : ils forment ainsi une ceinture gemmaire complète (fig. 96) dont l'existence se trahit au dehors par un renflement en forme de croissant (fig. 75). Dans ce croissant, les faisceaux de la ceinture gemmaire, disposés en rayonnant autour d'un centre, développent d'abondants tissus libéro-ligneux secondaires (fig. 76, 77, 97).

Dans le *Ranunculus*, au contraire, les faisceaux gemmaires s'inclinent vers l'intérieur et traversent la moelle sans former de ceinture.

Histologie (p. 43). — Les tiges primaires comprennent une partie vivace souterraine et une partie fugace presque entièrement aérienne. Dans la première, le cambium intrafasciculaire est toujours bien apparent et les tissus secondaires sont assez développés; le parenchyme cortical est décortiqué par une

formation subéreuse. Dans la seconde partie, au contraire, le cambium est beaucoup moins actif et le parenchyme cortical persiste (fig. 87 et 89). Le sclérenchyme est partout abondant, mais d'origine fort variable.

On remarque d'ailleurs, dans tous les *Thalictrum*, une grande tendance à la sclérification des tissus les plus divers : la gaine sous-endodermique, les arcs externes adossés au liber, les arcs internes en avant du bois primaire, une zone ondulée périmédullaire, les éléments fibreux du bois secondaire, le Tf^{2} remplaçant le bois secondaire de certains faisceaux, les sclérites des diaphragmes nodaux et du parenchyme cortical. Ces tissus sclérifiés sont répartis de la façon la plus inattendue dans la tige principale (fig. 55, 56, 63, 64) et dans la tige primaire (fig. 78, 79, 84, 87, 89, 90). Les racines contiennent également des ilots scléreux appartenant au faisceau primaire et au Tf^{2} (fig. 100).

La sclérification est évidemment très utile au point de vue du soutien des organes aériens; mais dans les organes souterrains (rhizomes et racines), une sclérification si intense ne peut, semble-t-il, s'expliquer par la fonction mécanique. Ne pourrait-on supposer que la substance sclérogène soit un produit de sécrétion s'accumulant dans certaines cellules sacrifiées par l'organisme, comme les cellules cristalligènes. Ce produit de sécrétion trouverait généralement, dans les parties aériennes, son utilisation comme tissu de soutien. Mais dans le genre *Thalictrum*, il y aurait une sorte de dégénérescence scléreuse qui serait tout l'inverse de la dégénérescence charnue des Cactées [1].

Quant aux ressemblances histologiques qu'on a signalées entre les parties aériennes des *Thalictrum* et celles des Monocotylées, elles résultent : 1° de l'existence d'un sclérenchyme dans la zone circulaire sous le parenchyme cortical; 2° de l'extinction assez rapide du cambium et par suite du faible développement des

[1] A.-P. de Candolle, dans sa *Théorie élémentaire de la botanique*, a considéré comme des « dégénérescences » les modifications de forme et de texture de certains organes qui deviennent épineux, filamenteux, membraneux, scarieux ou charnus.

tissus secondaires. Le premier de ces caractères s'explique par la nécessité d'un appareil de soutien efficace, le second par la prompte destruction des parties aériennes après la fructification. Les faisceaux prennent en une fois tout le développement dont ils ont besoin. Bien d'autres Dicotylées herbacées présentent des dispositions identiques dans leurs tiges annuelles florifères.

LES FEUILLES.

La forme des feuilles varie suivant leur position sur la tige (p. 51). Le métamorphisme foliaire est progressif depuis l'insertion d'une tige primaire jusqu'à la portion aérienne inférieure : feuilles réduites à la gaine ; feuilles possédant, outre la gaine, un pétiole et un limbe rudimentaires; feuilles complètes comprenant un pétiole engainant, des stipules, des rachis et des folioles. Le métamorphisme devient régressif dans toute l'étendue de la portion aérienne supérieure : feuilles bractéiformes sans gaine ni pétiole, mais possédant des stipules, des rachis et des folioles; bractées à 5, 3 ou une seule foliole.

Le parcours des faisceaux étudié dans une des feuilles les plus complètes (p. 52) nous a renseigné sur le mode de nervation des stipules, sur le dédoublement des faisceaux vers la face interne, sur l'insertion des rachis secondaires et tertiaires (fig. 113 à 121).

Au point de vue histologique (p. 53), la feuille adulte ne possède pas de glandes à eau, mais elle porte les traces de l'insertion des poils glanduleux tombés. Les stomates sont identiques à ceux de la feuille principale; le mésophylle est à peine bifacial; il n'y a pas de cristaux.

La recherche de la valeur morphologique des stipules, des stipelles et des stipellules chez les *Thalictrum* présente un réel intérêt (p. 54). A l'exception des premières feuilles de la plantule (fig. 43), des feuilles écailleuses du rhizome (fig. 101) et des feuilles pérulaires (fig. 102) chez l'adulte, la gaine des feuilles possède deux expansions vascularisées dont le dévelop-

pement est en raison inverse de celui de la gaine elle-même (fig. 103 à 107). Il résulte de nos observations :

1° Que ces expansions sont de véritables stipules : dans le cas de différenciation complète, leur nervation consiste, en effet, en faisceaux qui se détachent des faisceaux pétiolaires à une certaine distance au-dessus de la tige (fig. 104);

2° Que ces stipules sont des dépendances de la gaine à laquelle elles se substituent peu à peu. Il existe tous les intermédiaires entre la gaine seule, la gaine surmontée de deux proéminences purement cellulaires, la gaine munie d'expansions latérales vascularisées par des faisceaux venant directement de la tige et enfin la feuille à gaine remplacée par deux stipules recevant des faisceaux du pétiole élargi à sa base.

Les stipelles n'existent qu'aux trois premiers nœuds du rachis primaire des feuilles les plus amples. Elles ne sont vascularisées que quand elles sont suffisamment développées (fig. 108, 111 et 118). Quant aux stipellules, on ne les trouve guère qu'aux deux premiers nœuds des rachis secondaires des plus grandes feuilles. Elles sont peu développées et les externes semblent même manquer complètement (fig. 108 et 112).

La préfeuille (p. 59) est toujours une gaine dépourvue de pétiole et de limbe ; les faisceaux sont au nombre de 3 à 15. La position de la préfeuille est tantôt à droite, tantôt à gauche du plan médian de la feuille à l'aiselle de laquelle le bourgeon a pris naissance (fig 124 et 125).

LES RACINES.

La structure des racines (p. 60) est principalement caractérisée par la sclérose des fibres primitives au centre du faisceau ; par la production des îlots de tissu fondamental secondaire interne ordinairement sclérifié en face des pôles ligneux primaires (fig. 100 et 100bis); par le grand développement des parenchymes secondaires externes en dehors des zones cambiales et cambiformes; par le recloisonnement du péricycle;

par la persistance de l'endoderme recloisonné radialement et occupant la surface après décortication du parenchyme cortical; par l'absence de suber. Les radicelles sont caractérisées par le développement restreint, parfois nul, des tissus secondaires, ainsi que par la persistance du parenchyme cortical.

La racine principale a un faisceau toujours bipolaire; les racines adventives un faisceau à trois ou quatre pôles; les radicelles un faisceau à deux, trois ou quatre pôles.

Les renflements des racines adventives et de leurs radicelles sont dus à un acarien parasite.

ERRATUM.

Page 42, première ligne, *au lieu de :* fig. 92, *lisez :* fig. 82.

ABRÉVIATIONS.

A. h.	Axe hypocotylé.
Ass. pil.	Assise pilifère.
B^1.	Bois primaire.
B^2.	Bois secondaire.
Bg.	Bourgeon.
Cb.	Cambium.
Cbf.	Cambiforme.
Ceint. gemm.	Ceinture gemmaire.
Cell. sclér.	Cellule scléreuse.
Col. sup.	Collet superficiel.
Cot.	Cotylédon.
End.	Endoderme.
Ép.	Épiderme.
ext.	externe.
faisc. cot.	Faisceau cotylédonaire
faisc. gemm.	Faisceau gemmaire.
Fe.	Feuille.
fib. prim.	Fibres primitives.
Gaine coll.	Gaine de collenchyme.
Gaine sclér.	Gaine de sclérenchyme
i.	Faisceau intermédiaire
int.	interne.
L.	Faisceau latéral.
L^1.	Liber primaire.
L^2.	Liber secondaire.
Lac.	Lacune.
M.	Faisceau médian.
m.	Faisceau marginal.
n.	Nœud.
Par. cort.	Parenchyme cortical.
Péric.	Péricycle.
Pét.	Pétiole.
Préfe.	Préfeuille.
$Rach^1$.	Rachis primaire.
$Rach^2$.	Rachis secondaire.
Rc.	Racine.
R. p.	Racine principale.
Scl.	Sclérenchyme.
sous Pil.	Assise sous-pilifère.
Sub.	Suber.
sus End.	Assise sus-endodermique.
t^1.	Première trachée.
t. C.	Trachée du faisceau cotylédonaire.
Tf^{2e}.	Tissu fondamental secondaire externe.
Tf^{2i}.	Tissu fondamental secondaire interne.
Tg.	Tige.
t. R.	Trachée du faisceau de la racine.
St.	Stipule.
St^{elle}.	Stipelle.
St^{ulle}.	Stipellule.

PLANCHES.

PLANCHE I.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 7).

Fig. 2. — Région supérieure du même (p. 8).

Fig. 3. — Base des cotylédons et méristème de la tige (p. 8).

Fig. 4. — Milieu des cotylédons (p. 8).

Fig. 5. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 9).

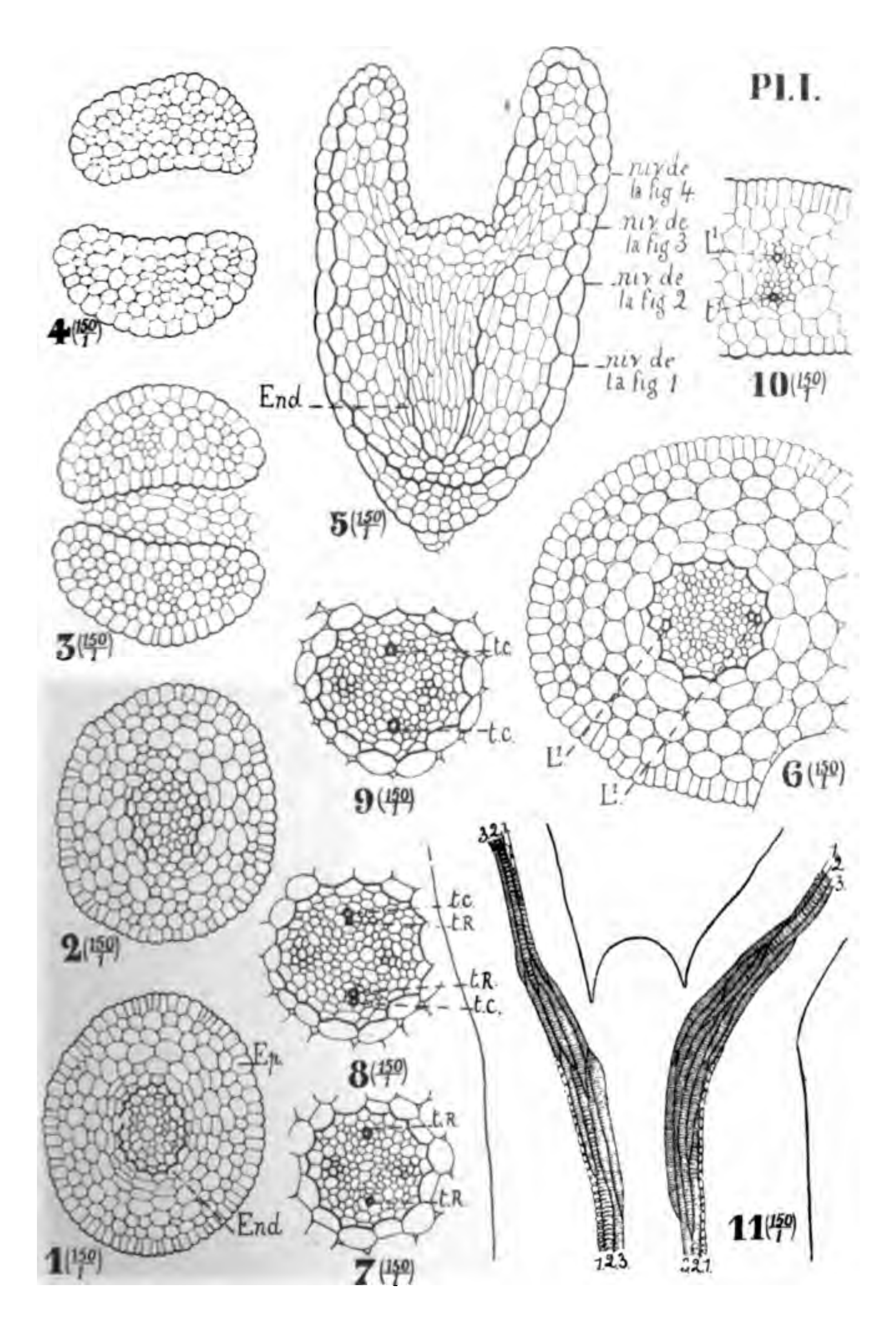
Stade I de la germination.

Fig. 6. — Milieu de l'axe hypocotylé : différenciation des pôles libériens L^1 (p. 10).

Fig. 7, 8 et 9. — Région d'insertion des cotylédons du même : contact des trachées des faisceaux cotylédonaires *t. C.* avec les trachées du faisceau de la racine *t. R.* (pp. 10 et 11).

Fig. 10. — Coupe à la base de l'un des cotylédons : faisceau unipolaire à bois centrifuge (p. 11).

Fig. 11. — Coupe longitudinale suivant le plan principal de symétrie dans une plantule un peu plus âgée : contact du bois centrifuge des cotylédons avec le bois centripète de la racine (p. 11).



THALICTRUM. Fig. 1 à 5: Embryon dans la graine.
Fig. 6 à 11: Stade I de la germination.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE II.

PLANCHE II.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

Stade II.

Fig. 12. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 12).

Fig. 13. — Milieu de l'axe hypocotylé : parenchyme cortical, épiderme et poil glanduleux (p. 12).

Fig. 14. — Endoderme vu de face (p. 12).

Fig. 15. — Milieu de l'axe hypocotylé : cylindre central (p. 12).

Fig. 16. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire (p. 13).

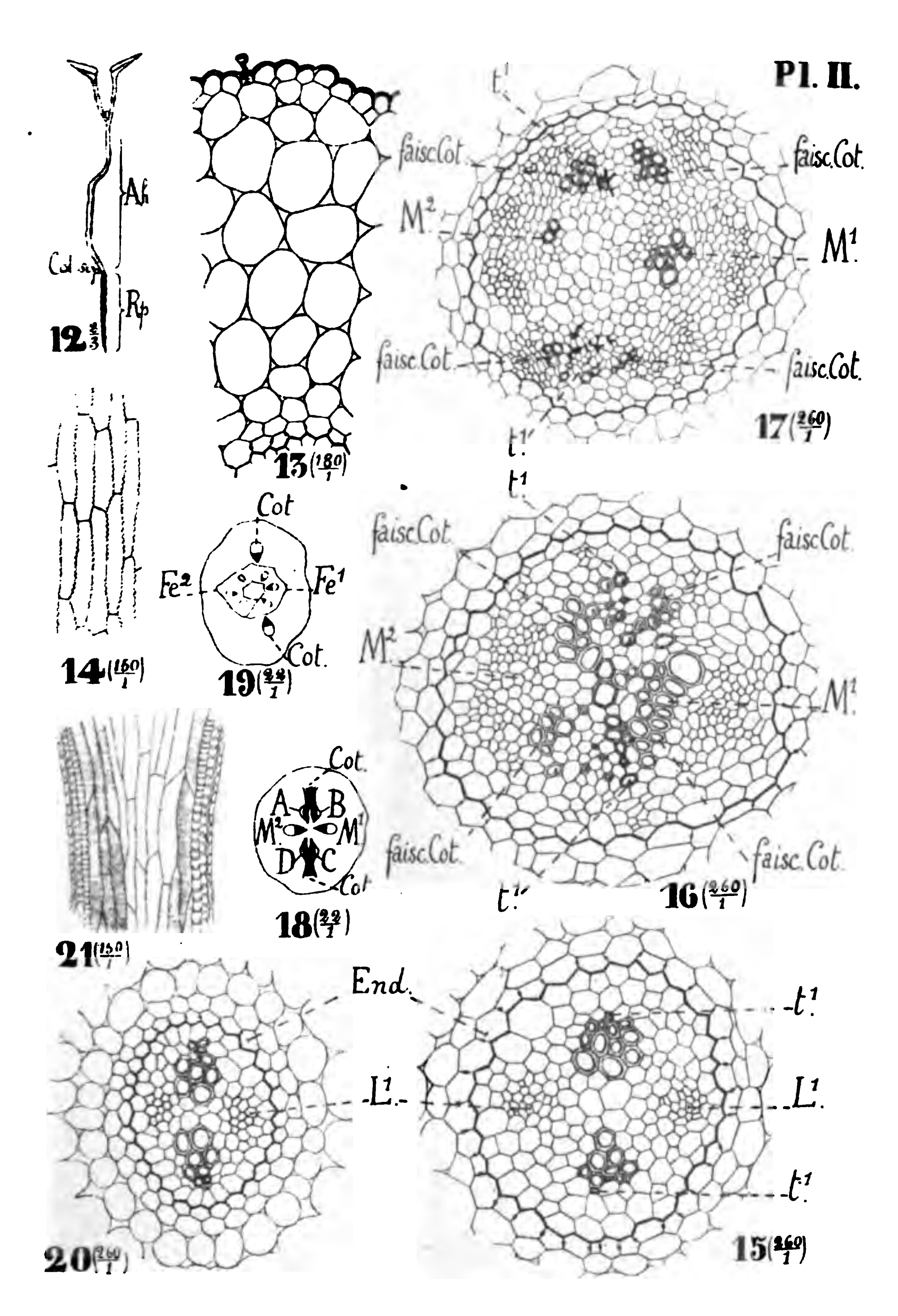
Fig. 17. — Coupe au milieu du nœud cotylédonaire (p. 13).

Fig. 18. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 13).

Fig. 19. — Ensemble à la base des pétioles cotylédonaires (p. 13).

Fig. 20. — Racine principale un peu au-dessous du collet superficiel (p. 14).

Fig. 21. — Coupe longitudinale vers le milieu de l'axe hypocotylé suivant le plan principal de symétrie (p. 14).



THALICTRUM. Stade II

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE III.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Stade III.

Fig. 22. — Plantule au troisième stade de la germination (p. 15).

Fig. 23. — Axe hypocotylé ridé transversalement (p. 15).

Fig. 24. — Coupe transversale au milieu du même (p. 15).

Fig. 25. — Coupe longitudinale correspondante (p. 15).

Fig. 26. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 15).

Fig. 27. — Endoderme vu de face : cellules recloisonnées (p. 16).

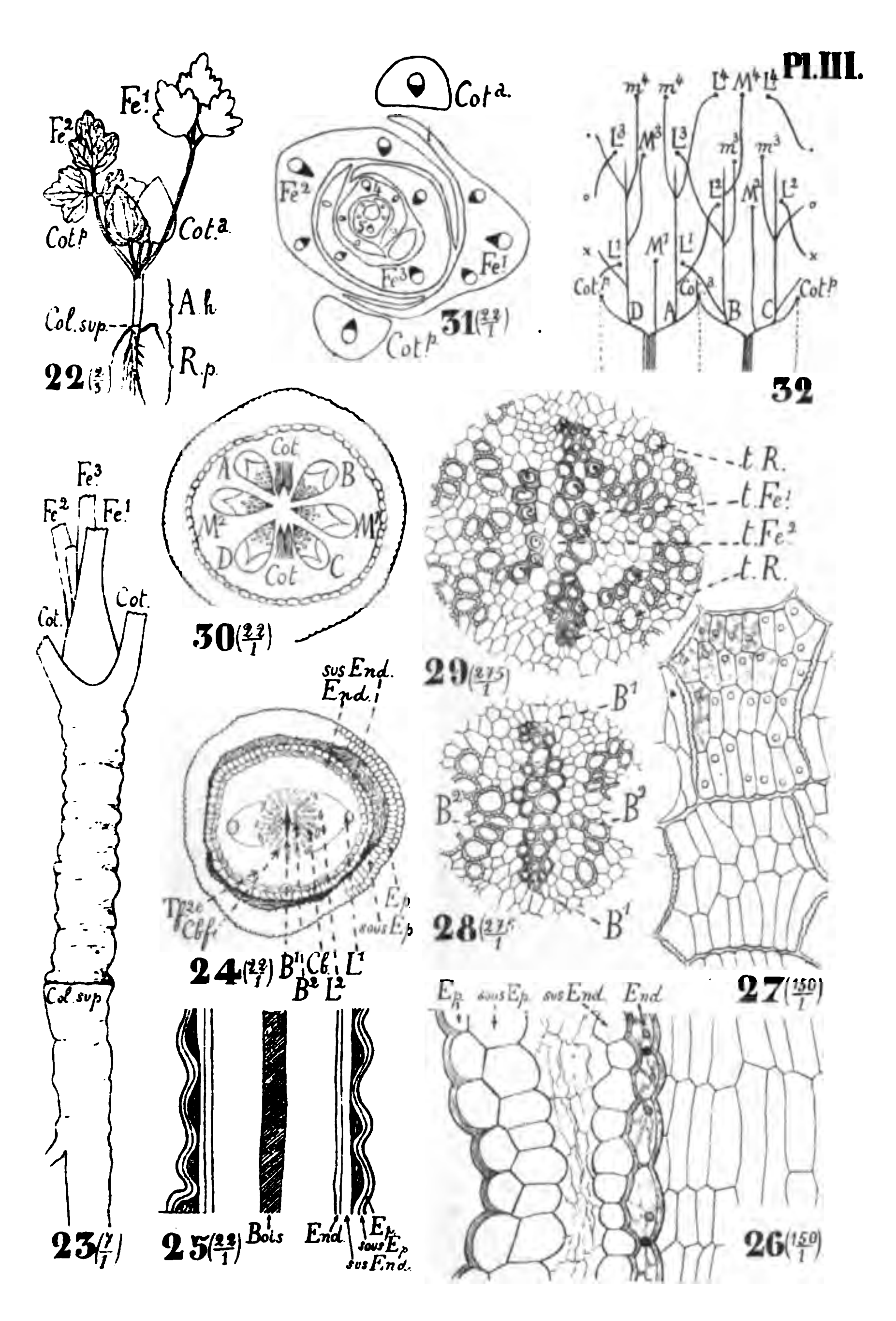
Fig. 28. — Coupe au milieu de l'axe hypocotylé (p. 16).

Fig. 29. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire (p. 17).

Fig. 30. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 17).

Fig. 31. — Ensemble au niveau des pétioles cotylédonaires (p. 19).

Fig. 32. — Parcours des faisceaux dans la plantule de la figure 22 (p. 18).



THALICTRUM. Stade III.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE IV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

Stade III (suite).

Fig. 33. — Cotylédon de la plantule de la figure 22 (p. 20).

Fig. 34, 35 et 36. — Schéma de la nervation des cotylédons (p. 20).

Fig. 37. — Faisceau dans la région inférieure d'un pétiole cotylédonaire : bois centripète écrasé contre le bois centrifuge (p. 20).

Fig. 38. — Faisceau vers le milieu d'un pétiole cotylédonaire : il n'y a plus de bois centripète (p. 20).

Fig. 39. — Coupe vers le milieu du limbe cotylédonaire (p. 20).

Fig. 40. — Coupe de la glande à eau (p. 21).

Fig. 41. — Stomates aquifères de l'épiderme interne (supérieur) au-dessus de la glande à eau (p. 21).

Fig. 42. — Stomates aérifères de l'épiderme externe (inférieur) du limbe cotylédonaire (p. 21).

Fig. 43. — Gaine et base du pétiole de la feuille [1] (p. 22).

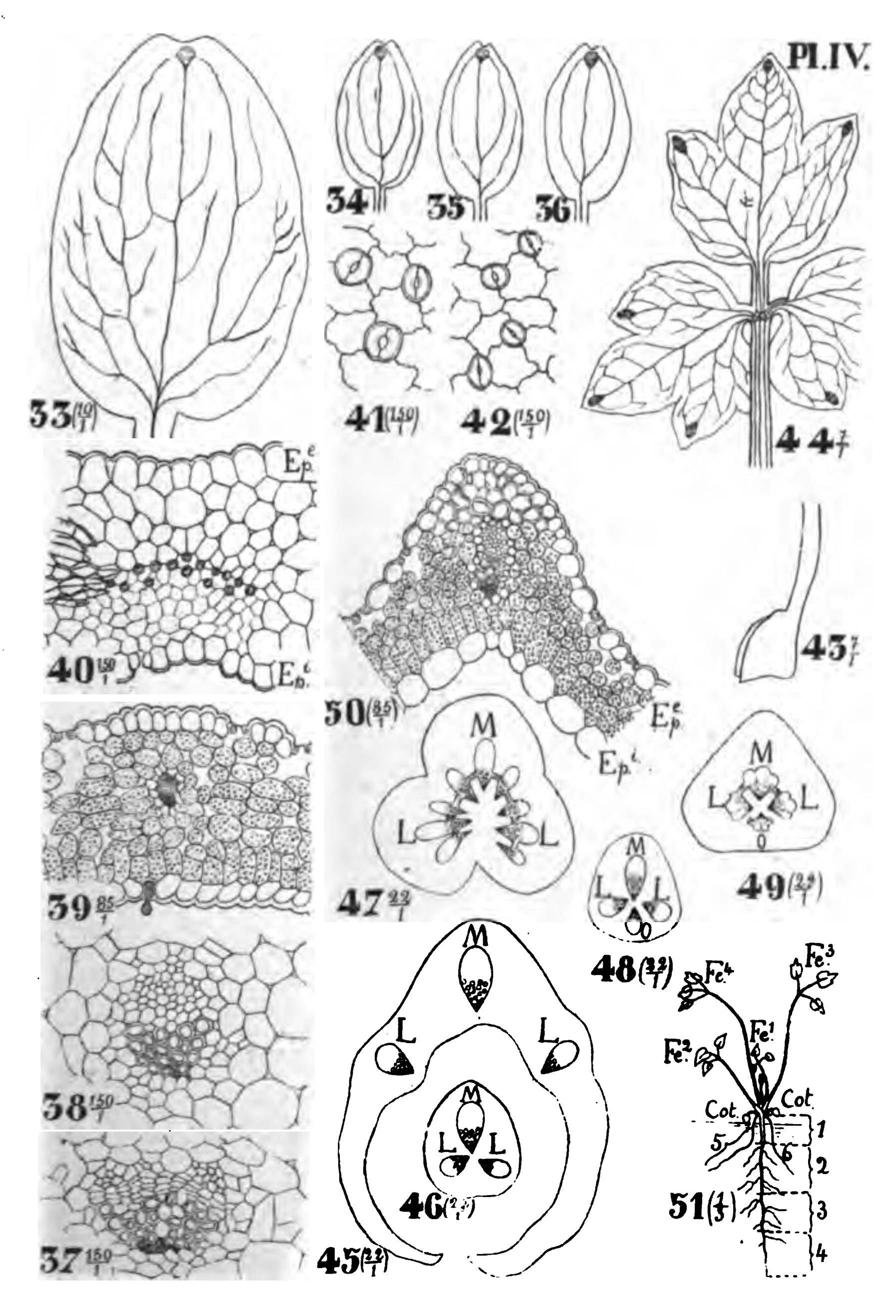
Fig. 44. — Nervation de la feuille [1] (p. 22).

Fig. 45, 46 et 47. — Coupes dans la gaine, au milieu du pétiole et au sommet du pétiole de la feuille [1] (p. 22).

Fig. 48 et 49. — Coupes au milieu et au sommet du pétiole de la feuille [1] d'une autre plantule (p. 22).

Fig. 50. — Coupe au milieu d'une foliole (p. 22).

Fig. 51. — Plantule ayant servi aux expériences de plasmolyse (p. 23).



THALICTRUM. Stade III_ (suite).

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Stade IV.

Fig. 52. — Plantule au quatrième stade (fin de la première année) (p. 27).

Fig. 53. — Portion d'une coupe transversale de l'axe hypocotylé après décortication : endoderme recloisonné radialement (p. 27).

Fig. 54. — Parcours de faisceaux dans la tige de la plantule de la figure 52 (p. 28).

Fig. 55. — Coupe de l'entre-nœud ^{6} de la tige principale (p. 29).

Fig. 56. — Coupe de l'entre-nœud ^{10} de la même (p. 30).

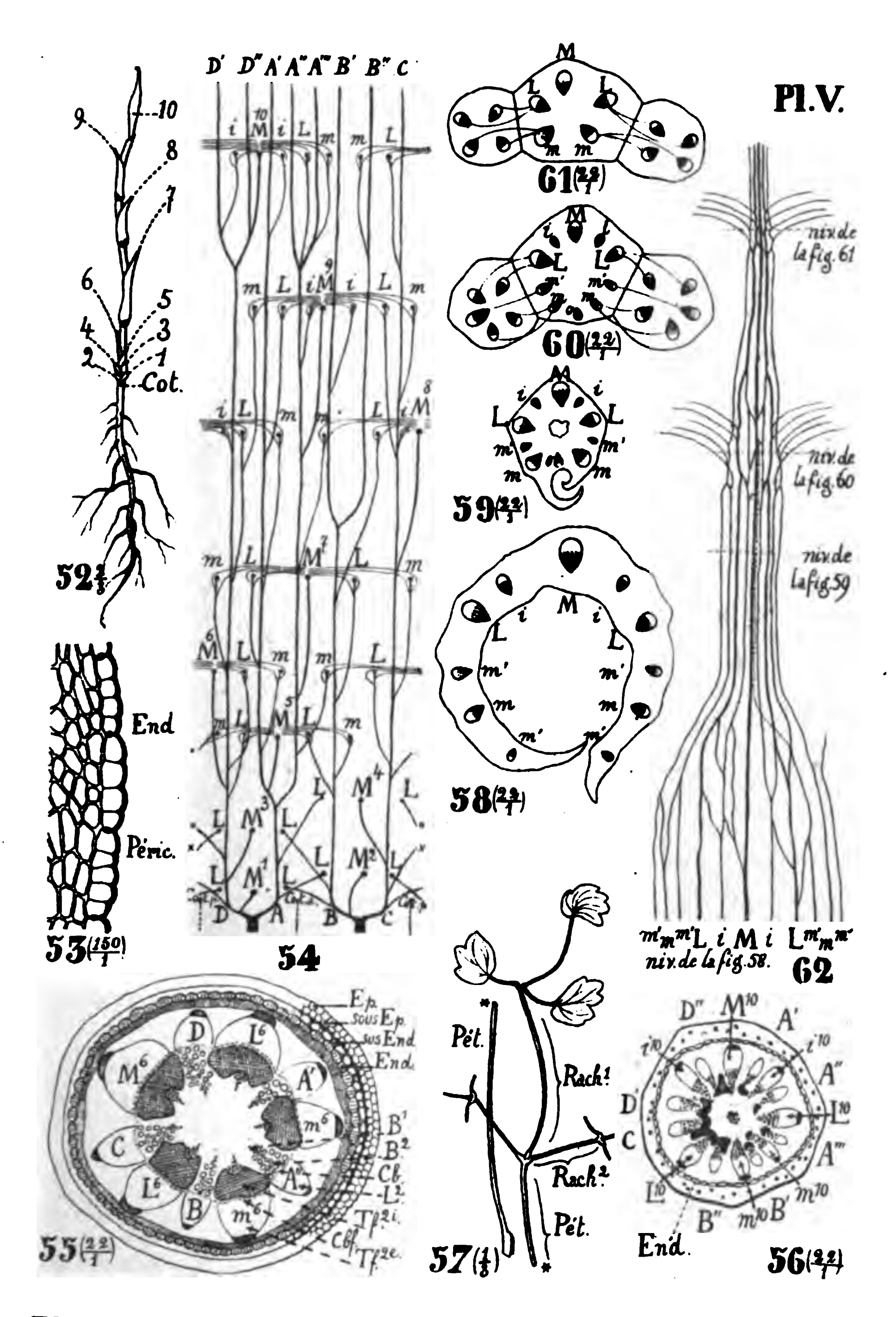
Fig. 57. — Feuille ^{9} (p. 30).

Fig. 58 et 59. — Coupes dans la gaine et dans le pétiole de la feuille précédente (p. 30).

Fig. 60. — Coupe au niveau de l'insertion de la première paire de rachis secondaires (p. 31).

Fig. 61. — Idem au niveau de la deuxième paire (p. 31).

Fig. 62. — Parcours des faisceaux dans la gaine, le pétiole et le rachis primaire de la feuille ^{9} (p. 31).



THALICTRUM. Stade IV

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE VI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

Stade V. (Plante vers la fin de la deuxième année.)

Fig. 63. — Ensemble de la coupe dans la première portion de la deuxième région de la tige principale (p. 34).

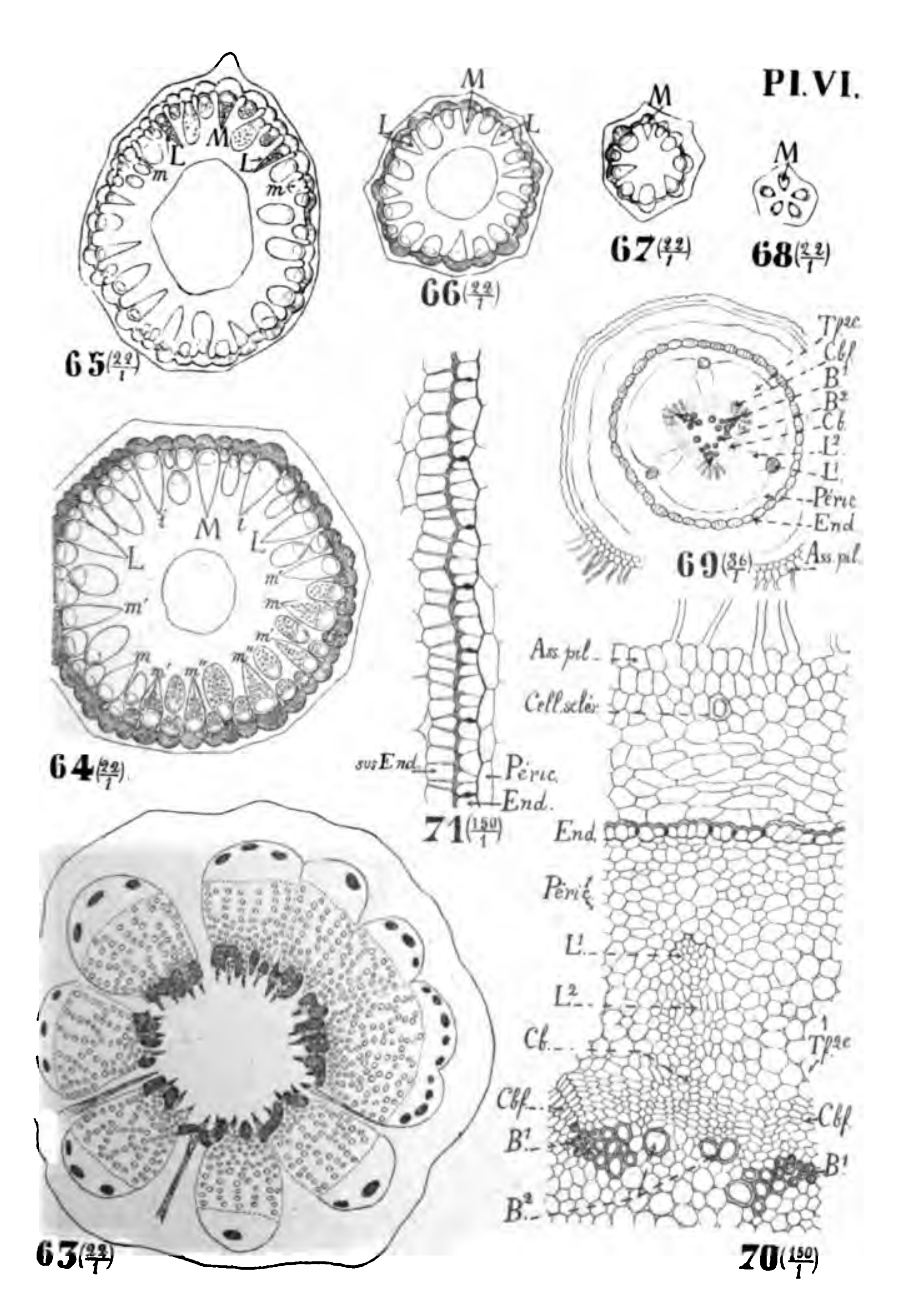
Fig. 64. — Idem dans la deuxième portion de la même (p. 34).

Fig. 65, 66, 67 et 68. — Idem dans la troisième portion, vers le bas, vers le milieu, vers le sommet et tout à l'extrémité de l'inflorescence (p. 35).

Fig. 69. — Racine adventive à trois pôles (p. 35).

Fig. 70. — Une portion de la coupe précédente grossie davantage (p. 36).

Fig. 71. — Coupe longitudinale radiale de l'endoderme recloisonné d'une racine (p. 36).



THALICTRUM. Stade V

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE VII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

Plante adulte.

Fig. 72. — Tige primaire au printemps : elle comprend une portion souterraine drageonnante, une portion souterraine qui se relève et une portion aérienne florifère dont on n'a figuré que la base (p. 37).

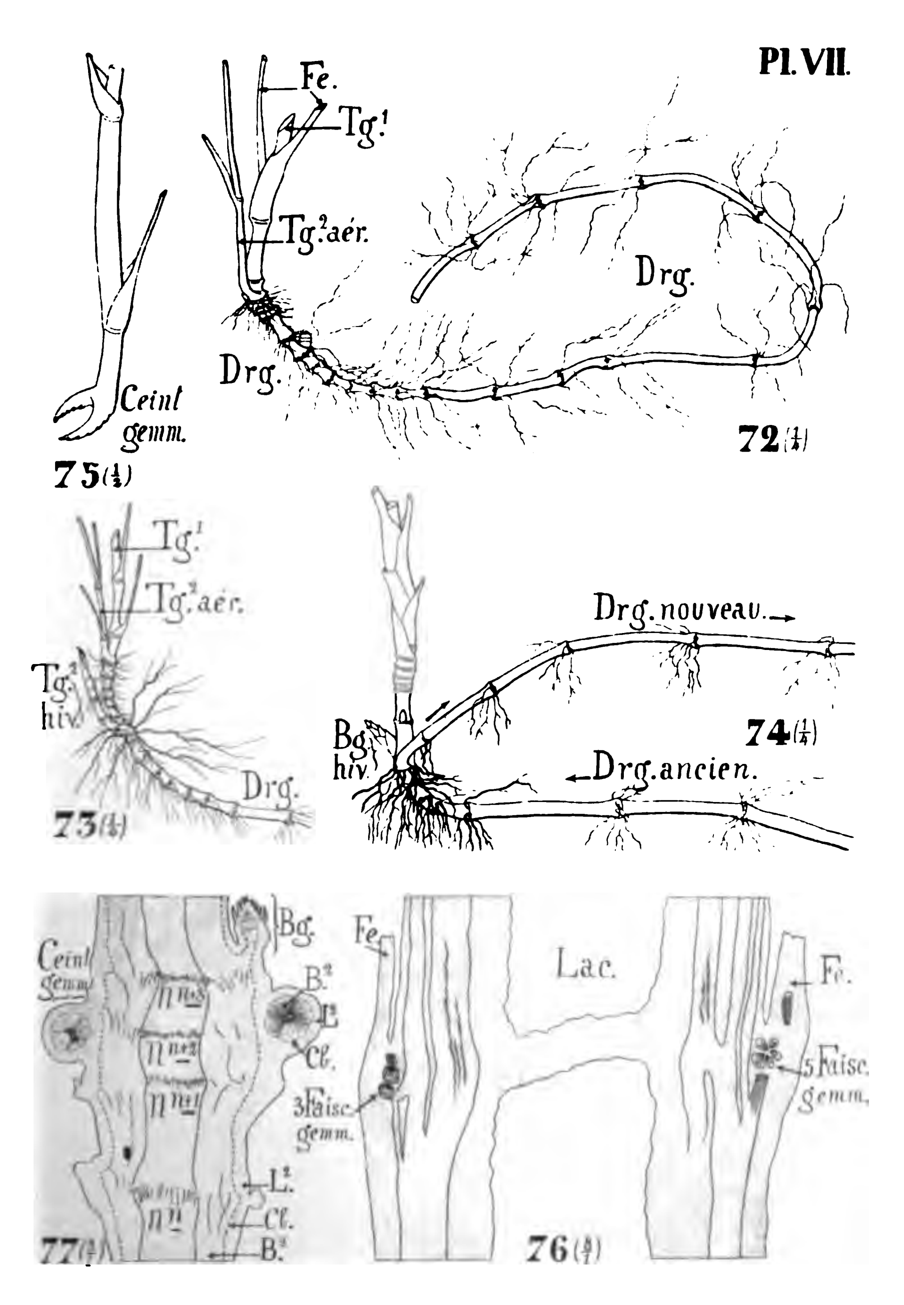
Fig. 73. — Une tige secondaire aérienne et une tige secondaire hivernante insérées sur la portion souterraine qui se relève d'une tige primaire (p. 38).

Fig. 74. — Tige primaire en automne : elle porte un gros bourgeon hivernant et un dragcon nouveau insérés sur la portion souterraine qui se relève (p. 38).

Fig. 75. — Base d'une forte tige secondaire arrachée et montrant la ceinture gemmaire (p. 50).

Fig. 76. — Coupe longitudinale d'un nœud souterrain montrant l'insertion d'une feuille et les faisceaux de la ceinture gemmaire (p. 50).

Fig. 77. — Coupe longitudinale de quatre segments souterrains : au nœud $^{n+1}$, les faisceaux de la ceinture gemmaire très développée contiennent beaucoup de bois secondaire (p. 50).



THALICTRUM. plante adulte.

Caractères extérieurs et ceinture gemmaire.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE VIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 78. — **Portion souterraine drageonnante (entre-nœud ^{3}) : 20 faisceaux (p. 38).**

Fig. 79. — **Portion souterraine qui se relève (entre-nœud ^{18}) : 59 faisceaux (p. 39).**

Fig. 80. — **Portion aérienne inférieure (entre-nœud ^{21}) : 79 faisceaux (p. 40).**

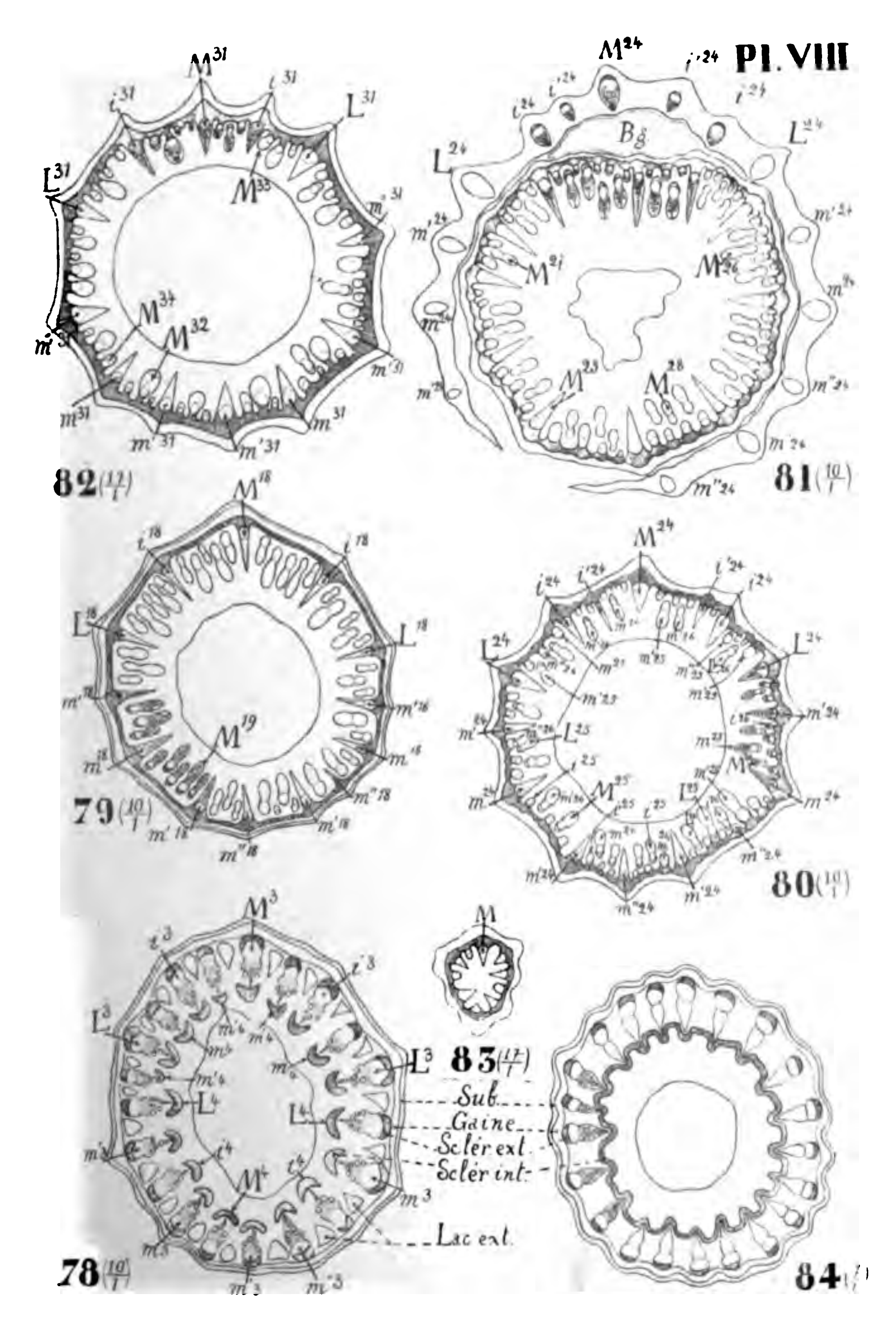
Fig. 81. — **Uu peu au-dessus du nœud ^{24} : tige, bourgeon axillaire et gaine de la feuille (p. 41).**

Fig. 82. — **Portion aérienne supérieure (entre-nœud ^{31}) : 60 faisceaux (p. 42 : le texte renseigne par erreur la figure 92 au lieu de la figure 82).**

Fig. 83. — **Vers le haut de l'inflorescence (entre-nœud ^{40}) : 10 faisceaux (p. 42).**

Fig. 84. — **Grosse tige souterraine drageonnante à comparer à la figure 78 (p. 44).**

N. B. — **Partout le sclérenchyme est indiqué par des hachures.**



THALICTRUM. Plante adulte.

Structure de la tige primaire

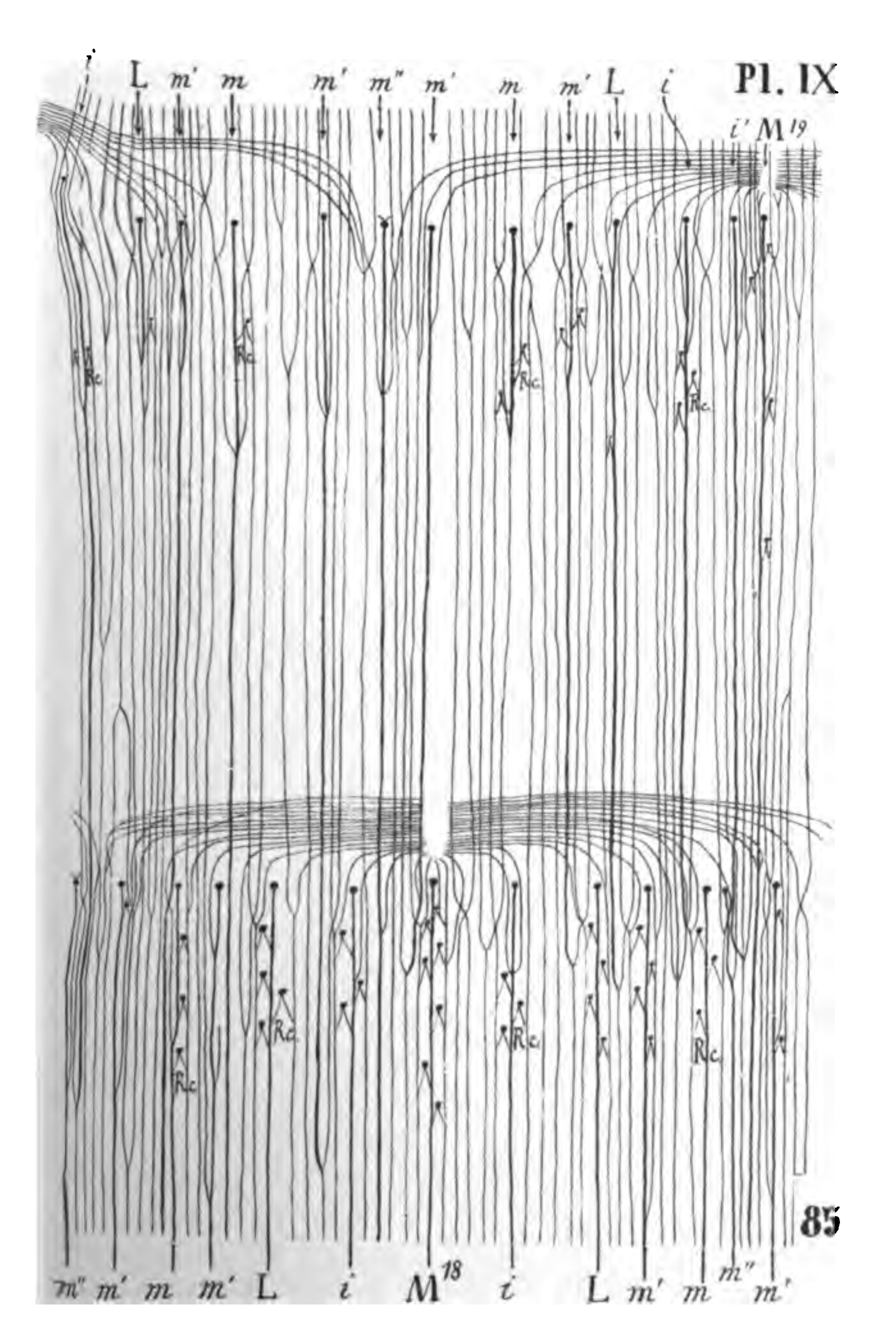
A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE IX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 85. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion souterrain qui se relève : le segment inférieur (n° 18) correspond à la coupe représentée par la figure 79 de la planche précédente. On remarquera l'insertion des racines adventives (*Re.*) et les faisceaux transversaux de la ceinture gemmaire (p. 40).



THALICTRUM. Plante Adulte.

Parcours des faisceaux dans la tige primaire.

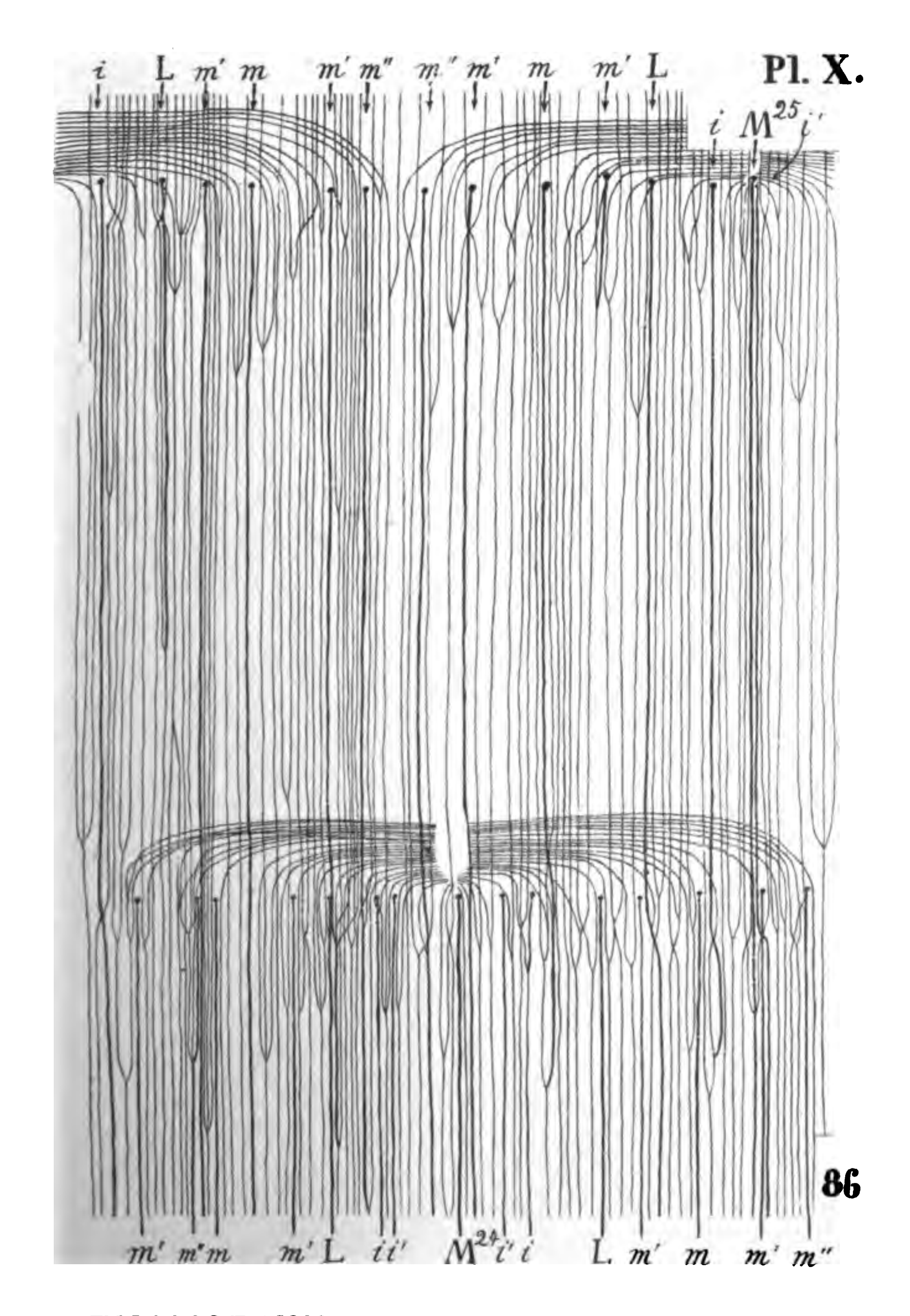
A. Mansion ad. nat. del..

PLANCHE X.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 86. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion aérienne inférieure : le segment inférieur (n° 24) correspond à la coupe représentée par la figure 80 de la planche VIII. Les faisceaux transversaux appartiennent à la ceinture gemmaire (p. 41).



THALICTRUM. Plante Adulte.

Parcours des faisceaux dans la tige primaire.

A. Mansion ad.nat. del.

PLANCHE XI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

Tige primaire de la plante adulte.

Fig. 87. — Coupe dans la portion souterraine drageonnante (pp. 43 et 44).

Fig. 88. — Coupe dans la portion souterraine qui se relève : les tissus périphériques sont seuls représentés (p. 45).

Fig. 89. — Coupe dans la portion aérienne inférieure : le parenchyme médullaire n'a pas été représenté (p. 45).

Fig. 90. — Une cellule scléreuse du diaphragme nodal dans la portion souterraine qui se relève (p. 45).

Fig. 91, 92 et 93. — Coupes longitudinales dans la portion souterraine drageonnante : la première représente le sclérenchyme externe; la deuxième, le bois secondaire; la troisième, le sclérenchyme interne (pp. 44 et 45).

Pl. XI

Sub. Gaine coll. Lac ext. Scler. ext. L[1] Lac ext. L[2] Lac ext.

Ep. Par. cort. Gaine scler.

88 $\left(\frac{150}{1}\right)$

Ep. Par. cort. Gaine scler. Scler. ext. L[2] Cb. B[2] B[2] B[1] Scler. int.

89 $\left(\frac{150}{1}\right)$

87 $\left(\frac{150}{1}\right)$ 90 $\frac{150}{1}$ 93 $\left(\frac{150}{1}\right)$ 92 $\left(\frac{150}{1}\right)$ 91 $\left(\frac{150}{1}\right)$

THALICTRUM. Plante Adulte.

Histologie de la tige primaire.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE XII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII.

Plante adulte.

Fig. 94. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la portion souterraine drageonnante : le segment inférieur (n° 3) correspond à la coupe représentée par la figure 78, planche VIII. Insertion des racines adventives (*Rc.*) et ceinture gemmaire (pp. 39 et 42).

Fig. 95. — Coupe mince dans un nœud souterrain : les faisceaux gemmaires se détachent des faisceaux foliaires sortants (p. 43).

Fig. 96. — Coupe très épaisse dans un nœud souterrain : la ceinture gemmaire est complète (p. 43).

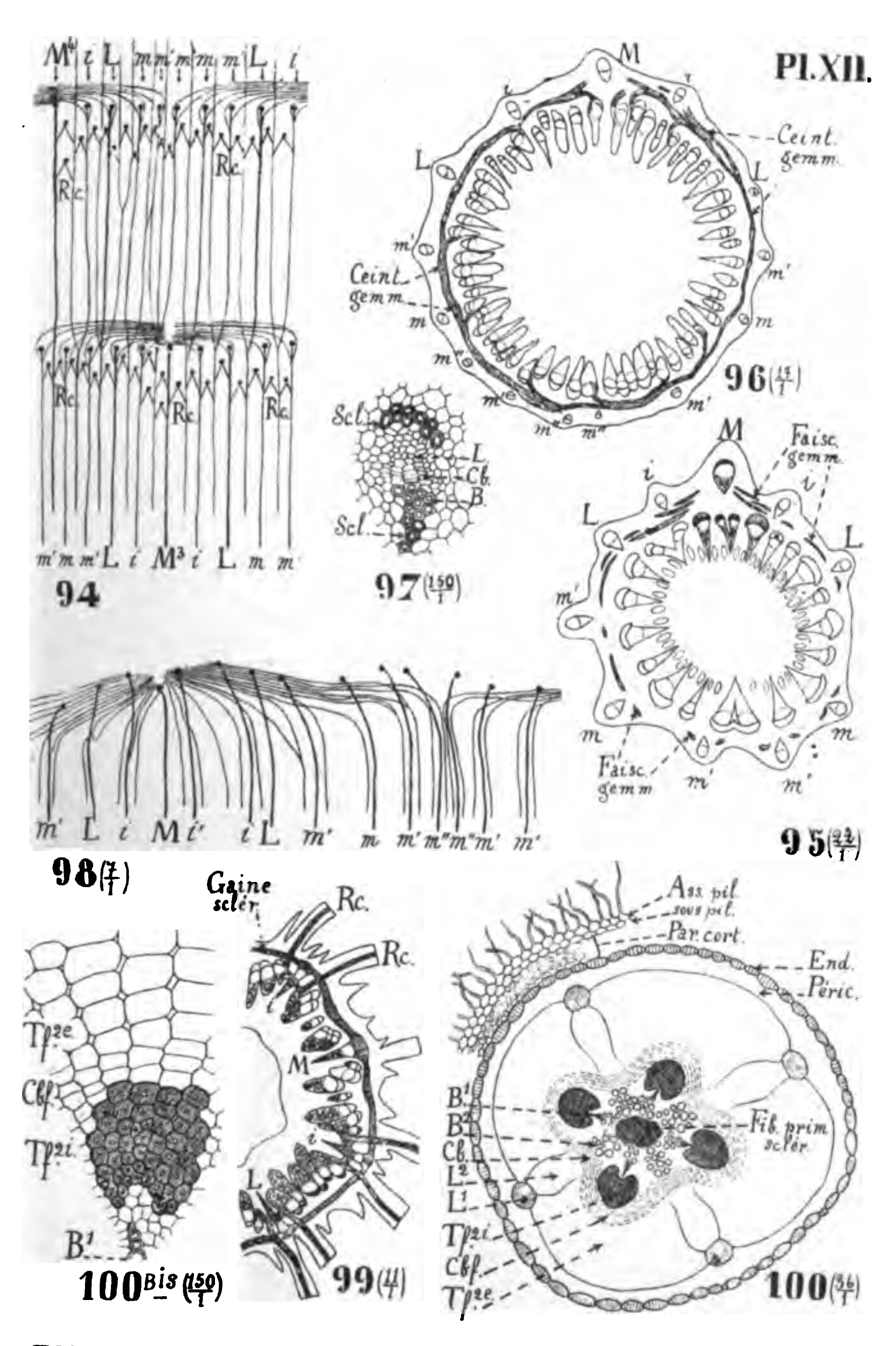
Fig. 97. — Coupe transversale d'un faisceau gemmaire provenant de la coupe représentée par la figure 76, planche VII (p. 50).

Fig. 98. — Faisceaux foliaires et faisceaux gemmaires d'un nœud fendu et étalé (p. 43).

Fig. 99. — Fragment d'une coupe dans la portion souterraine drageonnante : insertion des racines adventives *Rc.* (p. 39).

Fig. 100. — Ensemble d'une racine adventive à quatre pôles (p. 60).

Fig. 100[bis]. — Une partie de la coupe précédente grossie davantage (p. 60).



THALICTRUM Plante adulte.

Parcours des faisceaux, ceinture gemmaire et racines adventives.

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE XIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII.

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 101. — Feuille écailleuse de la portion souterraine drageonnante : elle est réduite à la gaine (pp. 51, 56).

Fig. 102. — Feuille pérulaire : outre la gaine, elle possède un pétiole et un limbe rudimentaires (pp. 51, 56).

Fig. 103, 104 et 105. — Bases de trois feuilles complètes de la portion aérienne inférieure : dans la première, les stipules sont vascularisées par deux faisceaux venant directement de la tige ; dans les deux autres, les faisceaux des stipules se détachent des faisceaux pétiolaires (pp. 51, 56, 57).

Fig. 106. — Base d'une feuille de la portion aérienne supérieure (p. 57).

Fig. 107. — Base d'une feuille bractéiforme (p. 57).

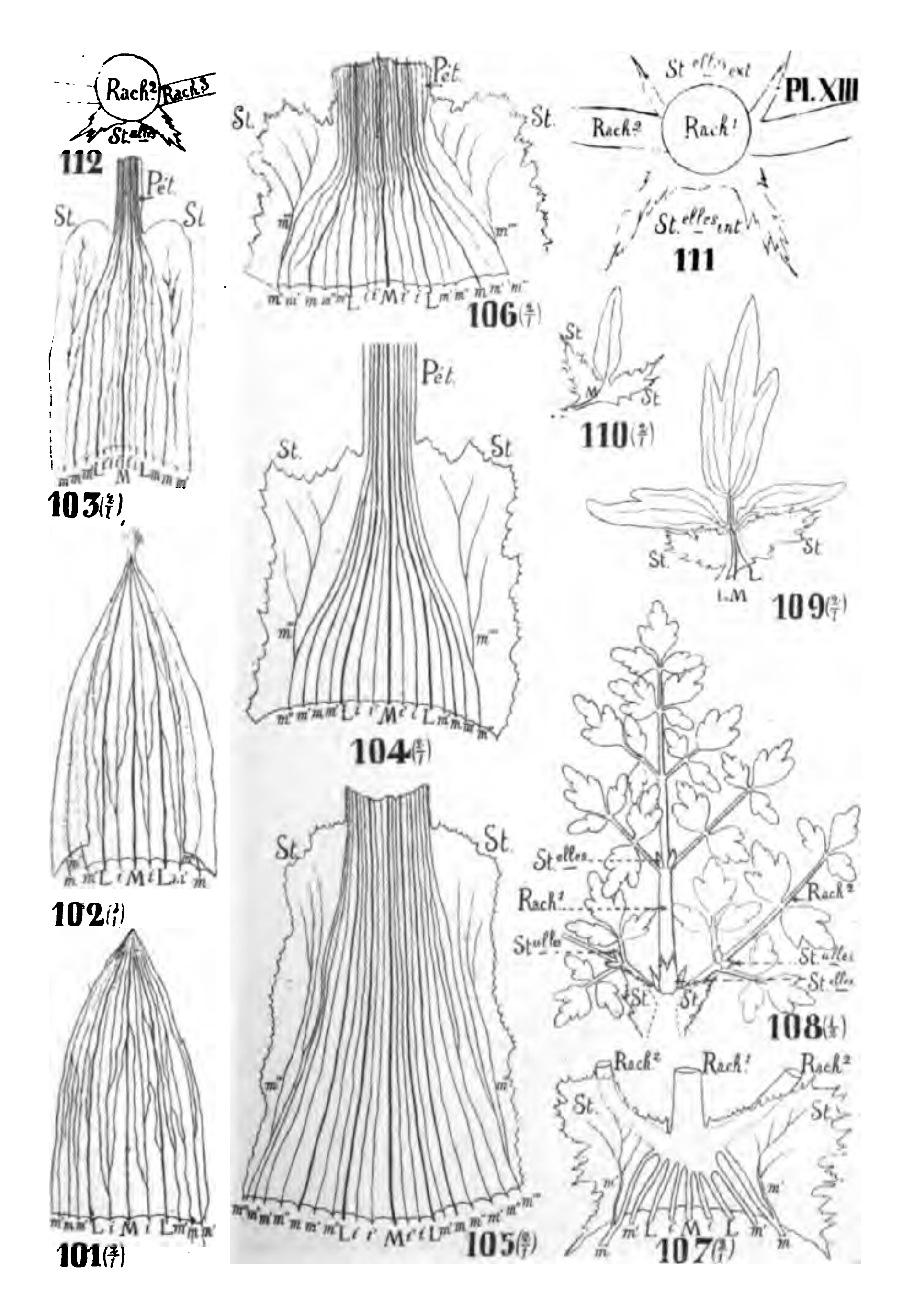
Fig. 108. — Feuille bractéiforme montrant la position des stipelles et des stipellules (p. 51).

Fig. 109. — Bractée à trois folioles (pp. 51, 57).

Fig. 110. — Bractée à une foliole (pp. 51, 57).

Fig. 111. — Schéma de la position des stipelles (p. 58).

Fig. 112. — Schéma de la position des stipellules (p. 59).



THALICTRUM. Plante adulte.

Feuilles

A. Mansion ad. nat. del.

PLANCHE XIV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV.

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 113 à 121. — Coupes pratiquées à divers niveaux dans une feuille de la portion aérienne inférieure comme celle de la figure 104.

Fig. 113. — A la base de la gaine (p. 52).

Fig. 114. — Vers le milieu de la gaine (p. 52).

Fig. 115. — Au sommet de la gaine (p. 52).

Fig. 116. — A la base du pétiole (p. 52).

Fig. 117. — Dans le premier entre-nœud du rachis primaire (p. 53).

Fig. 118. — Schéma de l'insertion des rachis secondaires (p. 53).

Fig. 119 et 120. — Deux des coupes au niveau de l'insertion des rachis secondaires (p. 53).

Fig. 121. — Coupe dans un pétiolule (p. 53).

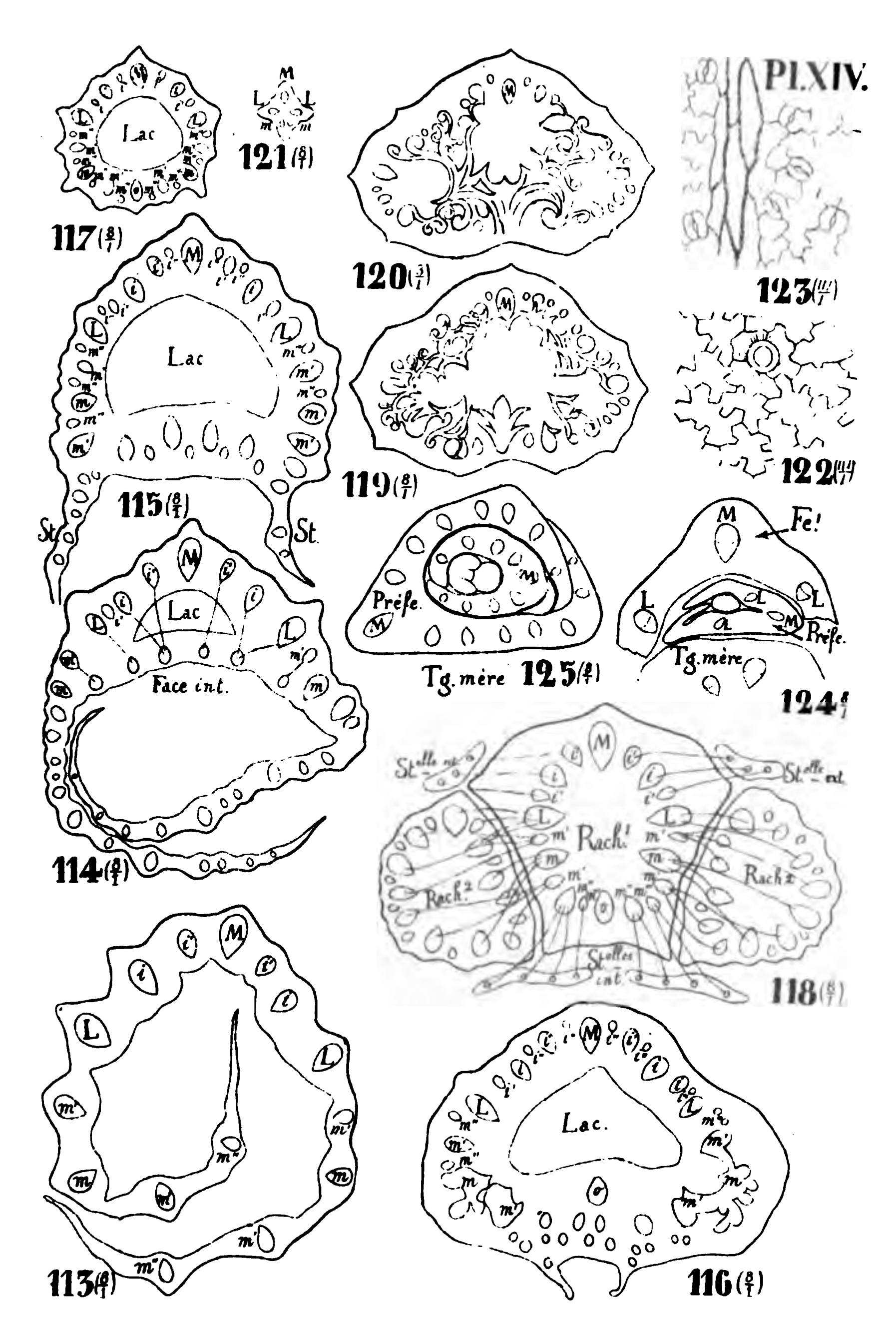
Fig. 122. — Épiderme interne (supérieur) d'une foliole (p. 54).

Fig. 123. — Épiderme externe (inférieur) de la même (p. 54).

Fig. 124. — Fragment d'une coupe pratiquée au premier nœud d'une plantule au stade III : à l'aisselle de la feuille [1] une pré-feuille droite à trois faisceaux (p. 59).

Fig. 125. — Idem à l'un des nœuds de la portion aérienne inférieure de la plante adulte : préfeuille gauche à quinze faisceaux (p. 59).

Pl. XIV.



THALICTRUM. Plante adulte.

Feuilles (suite).

A. Mansion ad. nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

TRIBU DES CLÉMATIDÉES

PAR

R. STERCKX

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NORMALE DE L'ÉTAT A MONS

INTRODUCTION

Ce travail a pour objet l'étude anatomique de la tribu des Clématidées. J'ai choisi comme type le *Clematis vitalba* L.

Dans les monographies anatomiques des Renonculacées publiées en 1884 par M. Albert Meyer et en 1885 par M. Paul Marié, il n'est question que de la structure des organes végétatifs à l'état adulte. Mon étude du *Clematis vitalba* est plus étendue : elle porte sur l'embryon, le développement de l'appareil végétatif considéré à cinq stades et la plante adulte dans son ensemble. C'est en étudiant l'anatomie des plantes aux diverses périodes de leur évolution qu'on acquerra des notions justes et précises, pouvant servir à leur classification.

Après avoir fait un exposé analytique de la structure du *Clematis vitalba*, j'ai, dans une seconde partie, résumé succinctement les principales particularités offertes par diverses espèces de Clématites ainsi que par l'*Atragene alpina*.

Ce travail a été exécuté au laboratoire de l'Institut botanique de l'Université de Liége. Je prie M. le professeur A. Gravis d'agréer mes humbles remercîments, en même temps que l'hommage de mon profond respect.

CONTRIBUTION

À

L'ANATOMIE DES RENONCULACÉES

TRIBU DES CLÉMATIDÉES

PREMIÈRE PARTIE

CLEMATIS VITALBA L.

CHAPITRE PREMIER.

L'EMBRYON DANS LA GRAINE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Le fruit du *Clematis vitalba* L. est un akène un peu comprimé latéralement. Il est terminé par un style persistant, très long et poilu. Dans l'angle supérieur de l'akène, au milieu d'un albumen abondant et dur, se trouve un embryon très petit ($0^{mm},7$ de longueur sur $0^{mm},5$ de largeur), droit ; les cotylédons ont leur surface parallèle aux faces latérales de l'akène.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (pl. XV, fig. 1) :

1° L'*épiderme;*

2° Le *parenchyme cortical,* constitué par six ou sept assises cellulaires dont les plus intérieures forment des séries radiales se terminant à l'endoderme;

3° Le *cylindre central,* limité par un péricycle dont les éléments alternent nettement avec ceux de l'endoderme. Le reste est constitué par du procambium. Le diamètre du cylindre, qui comprend onze cellules environ, est le tiers du diamètre total de la coupe.

B. *Région d'insertion des cotylédons.* — A la base du nœud cotylédonaire, on retrouve la même structure, sauf que le parenchyme cortical est moins épais et le cylindre central plus large.

Un peu plus haut, le procambium se localise en deux cordons, l'un antérieur et l'autre postérieur : ce sont les faisceaux cotylédonaires séparés par des cellules plus grandes appartenant au méristème primitif, générateur de la tige principale (fig. 2).

Une coupe à la base du cotylédon montre le faisceau cotylédonaire procambial, le parenchyme et l'épiderme. Plus haut, le faisceau cotylédonaire se trifurque.

C. *Région inférieure de l'axe hypocotylé.* — Dans sa région inférieure, l'axe hypocotylé montre une structure analogue à celle de la région A. On remarque cependant que :

1° L'*épiderme* est remplacé par deux couches de cellules disposées radialement. Ces cellules, moins régulières que celles de l'épiderme, n'ont pas de cuticule ; elles appartiennent à la coiffe ;

2° Le *parenchyme cortical* est formé d'un plus petit nombre d'éléments ;

3° Le *cylindre central* est moins large.

Coupe longitudinale.

La figure 3 représente la section longitudinale de l'embryon suivant son plan principal de symétrie, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface des cotylédons. On y retrouve la même structure que dans le *Ranunculus arvensis*, le *Delphinium Ajacis* et le *Thalictrum flavum* [1].

[1] Voyez *Contribution à l'anatomie des Renonculacées : Le Ranunculus arvensis* L., par M. Éd. Nihoul. (Mémoires in-4° de l'Académie royale des sciences, etc., de Belgique, t. LII, 1891.) — *Le genre Delphinium*, par M. C. Lenfant. (Mémoires de la Société royale des sciences de Liége, 2e série, t. XIX, 1896.) — *Le Thalictrum flavum* L., par M. A. Mansion. (Ibidem, t. XX, 1897.)

CHAPITRE II.

DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF.

STADE I.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Début de la germination; la moitié inférieure de l'axe hypocotylé se montre au dehors.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé.* — Diffère à peine du niveau correspondant dans l'embryon. Les cellules du parenchyme cortical se sont agrandies; dans le cylindre central, des éléments différenciés indiquent les pôles libériens aux deux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan de symétrie.

B. *Région d'insertion des cotylédons.* — A la base du nœud cotylédonaire, il y a, outre les deux pôles libériens comme ci-dessus, deux pôles ligneux, l'un antérieur, l'autre postérieur (fig. 4). Chacun de ces pôles est occupé par une trachée. Si l'on examine ensuite les coupes successives en se rapprochant du sommet, on voit sur une de ces coupes (fig. 5), au pôle antérieur, que la trachée initiale du faisceau cotylédonaire (*t.* C.) est en contact avec la trachée initiale du faisceau de l'axe hypocotylé *t.* R.; un peu plus haut, cette dernière disparaît. Au pôle postérieur, il y a un contact semblable.

A un niveau un peu inférieur à celui où se détachent les deux cotylédons (fig. 6), on trouve deux faisceaux cotylédonaires unipolaires séparés par le méristème primitif de la tige principale. Plus haut, ces faisceaux se trifurquant, on trouve vers le milieu des cotylédons trois faisceaux, dont deux au stade procambial, tandis que le médian est en voie de différenciation (pl. XVI, fig. 7).

STADE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les cotylédons, dégagés du péricarpe, sont étalés et verdis (fig. 8). Bien qu'il n'y ait aucune trace de feuille visible à l'œil nu, il existe cependant déjà deux petites feuilles cachées par les pétioles cotylédonaires.

L'axe hypocotylé, reconnaissable à sa surface lisse (formée par l'épiderme), est long de 11 à 12 millimètres et épais de 0mm,5 en son milieu. Son sommet présente une courbure résultant de la nutation dans un plan.

La racine principale, — dont la surface, constituée par l'assise pilifère, est terne, — est deux fois moins longue que l'axe hypocotylé. Il n'existe pas encore de radicelles.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 9) :

1° *Épiderme* avec cuticule assez épaisse ;

2° *Parenchyme cortical* méatique ; endoderme peu différencié ;

3° *Cylindre central.* Péricycle formé d'une seule couche de cellules derrière les massifs libériens, mais constitué par deux assises aux environs des pôles ligneux.

Faisceau bipolaire bien différencié, arrivé au stade primaire. Les pôles ligneux se trouvent dans le plan principal de symétrie de la plantule et se composent de cinq ou six trachées apparues successivement en direction centripète. La partie centrale n'est pas différenciée. A droite et à gauche, un massif libérien.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale.* — Dans la région supérieure de l'axe, à la base du nœud cotylédonaire (fig. 10), le cylindre central est relativement plus important; son rayon mesure, en effet, les deux cinquièmes du rayon

de l'axe hypocotylé. Quant au parenchyme cortical, il ne renferme que quatre ou cinq assises de cellules.

A un niveau un peu supérieur, les deux pôles ligneux sont très écartés l'un de l'autre (fig. 11). On trouve en outre six cordons procambiaux, savoir : deux antérieurs qui se rendent dans le cotylédon antérieur (*cot.*); deux postérieurs qui se rendent dans le cotylédon postérieur (COT.); deux latéraux qui sont les faisceaux médians de la première paire de feuilles (*fe* ¹ à gauche, *fe* ¹ à droite). Les faisceaux réparateurs (A, B, C, D), dont il sera question plus loin, ne sont pas encore distincts.

Une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal montre (fig. 12) :

1° Les deux pétioles cotylédonaires ayant chacun un faisceau libéro-ligneux constitué par l'anastomose des deux massifs qui dans la figure 11 avoisinent chaque pôle ligneux centripète de l'axe hypocotylé. Cette origine anastomotique se reconnaît encore, au niveau de la figure 12, par l'existence de deux pôles libériens dans chaque faisceau cotylédonaire (fig. 13);

2° La *fe* ¹ et la *fe* ¹, l'une à droite, l'autre à gauche, opposées;

3° La tige au stade du méristème primitif (M. *p.*).

C. *Racine principale.* — Une coupe transversale vers le milieu de la racine principale montre (fig. 14) :

1° A la surface, l'assise pilifère;

2° Le parenchyme cortical, comprenant six ou sept assises cellulaires. L'assise la plus interne est l'endoderme;

3° Le faisceau limité par un péricycle très net, formé par une seule assise de grandes cellules. Les deux massifs ligneux à développement centripète sont séparés par des cellules non différenciées. Deux massifs libériens alternent avec les pôles ligneux. Les arcs cambiaux n'existent pas encore.

Ce faisceau bipolaire à bois centripète n'est que la continuation de celui qu'on observe au milieu de l'axe hypocotylé.

STADE III.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les feuilles de la première paire apparaissent successivement (pl. XVII, fig. 15) : *fe* ^{1} désigne la première de ces feuilles, adulte déjà ; *fe* ', jeune encore, prendra, par la suite, un développement plus grand que *fe* ^{1}.

L'axe hypocotylé a 16 millimètres de longueur et 0^{mm},5 d'épaisseur en son milieu. Un peu en dessous du niveau qui sépare la racine principale de l'axe hypocotylé (collet superficiel), on voit une radicelle. Il en existe une autre plus bas.

STRUCTURE.

A. *Milieu de l'axe hypocotylé* (fig. 16) :

1° *Épiderme* avec stomates;

2° *Parenchyme cortical :* Comme précédemment, sauf que certaines cellules des couches profondes et celles de l'endoderme se sont recloisonnées radialement;

3° *Cylindre central.* Les cellules du péricycle en face des pôles libériens sont disposées en une seule assise, tandis qu'en face des pôles ligneux, elles se sont recloisonnées de manière à former quatre ou cinq assises qui seront l'origine de deux arcs générateurs cambiformes. Le faisceau bipolaire contient du bois secondaire contre le bois primaire.

B. *Région d'insertion des cotylédons et de la tige principale* (fig. 17). — Dans la région supérieure de l'axe apparaissent, à droite et à gauche de la ligne qui joint les deux pôles ligneux centripètes, les pôles ligneux centrifuges qui vont se continuer respectivement dans la *fe* ^{1} et la *fe* '. A ce niveau, il y a donc quatre massifs ligneux en contact : deux centripètes appartenant à l'axe hypocotylé et deux centrifuges appartenant à la tige.

A un niveau un peu supérieur (fig. 18), les deux pôles centripètes s'écartent l'un de l'autre et les deux faisceaux centrifuges se trifurquent. Les deux faisceaux latéraux de chaque trifurcation sont des faisceaux cotylédonaires; les faisceaux du milieu vont former les faisceaux sortants médians des *fe* ^{1} et *fe* '

et les faisceaux réparateurs. Ici apparait donc nettement le contact entre le faisceau bipolaire de la racine d'une part et les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs d'autre part. Dans la figure 18, les flèches indiquent dans quel sens se fait la différenciation ligneuse des faisceaux.

Quelques coupes plus haut (fig. 19), les pôles centripètes antérieur et postérieur fuient dans les cotylédons en même temps que les faisceaux cotylédonaires. Au centre de l'organe existe une moelle assez large, entourée de six faisceaux libéro-ligneux, savoir : les deux faisceaux sortants médians, destinés à la fe^1 et à la fe^{I}, quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D.

La région de contact entre le bois centripète et le bois centrifuge mesure de 2 à 3 millimètres de longueur.

Sur une coupe pratiquée dans le bourgeon terminal (fig. 20), on distingue :

1° Les deux pétioles cotylédonaires avec leur faisceau ;

2° La fe^1 et la fe^{I}, l'une à droite avec un faisceau, l'autre à gauche avec trois faisceaux ;

3° La fe^2 et la fe^{II} avec leurs faisceaux non encore différenciés ;

4° La tige au stade méristématique.

On remarquera que les deux premières paires de feuilles ne sont pas décussées.

En suivant la spire phyllotaxique [1] passant par *cot*, fe^1, fe^2, on trouve (fig. 21) :

De *cot* à fe^1 : 88°.
De fe^1 à fe^2 : 37°.

Quant aux appendices d'une même paire, ils font entre eux les angles suivants :

De *cot* à COT : 187°.
De fe^1 à fe^{I} : 180°.
De fe^2 à fe^{II} : 192°.

[1] L'existence d'une spire phyllotaxique *dextre* ou *senestre* dans les premiers segments du *C. vitalba* est rendue évidente par ce fait que les feuilles d'une même paire sont inégales et que les paires successives ne sont pas régulièrement décussées. Ces particularités sont surtout apparentes dans les plantules plus âgées : nous aurons l'occasion d'y revenir aux stades suivants.

C. *Racine principale.* — Une coupe dans la racine principale, un peu au-dessous du collet superficiel, montre :

1° L'assise pilifère;

2° Le parenchyme cortical comprenant six ou sept assises cellulaires, y compris l'endoderme;

3° Le faisceau, limité par un péricycle formé d'une seule assise de cellules en face des pôles libériens, mais de trois assises en face des pôles ligneux. Les deux massifs ligneux primaires se sont rejoints au centre de la coupe; les deux arcs cambiaux ont produit du bois secondaire. La constitution du faisceau de la racine principale ne diffère donc pas sensiblement de celle du faisceau au milieu de l'axe hypocotylé.

COTYLÉDONS.

Caractères extérieurs. — Les pétioles cotylédonaires mesurent 4 à 5 millimètres de longueur et 1 millimètre de largeur. Le limbe, de forme ovale, mesure 10 à 11 millimètres de longueur, 4 à 6 millimètres de largeur. La nervation est représentée par la figure 22.

Structure. — Rappelons d'abord que deux faisceaux se rendent dans chaque cotylédon en se fusionnant peu après leur sortie et en entrainant l'un des pôles du faisceau bipolaire de l'axe hypocotylé (fig. 23). A la base du pétiole, en effet, chaque faisceau cotylédonaire montre, outre le bois primaire centrifuge, quelques trachées à développement centripète venant de l'axe hypocotylé. Il y a deux pôles libériens non fusionnés.

La coupe au milieu du limbe montre (fig. 24) :

1° L'*épiderme* interne (supérieur), sans stomates, et l'épiderme externe (inférieur), muni de stomates au nombre de 40 par millimètre carré. Les figures 25 et 26 représentent ces deux épidermes vus de face ;

2° Le *mésophylle* à peu près homogène. Pas de cristaux, ni de poils, ni de glandes;

3° Les *faisceaux* des nervures se terminant soit par une anastomose avec une autre nervure, soit en pointe libre dans le parenchyme.

STADE IV.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

L'axe hypocotylé mesure environ 2 centimètres de longueur; la racine principale porte des radicelles grêles (pl. XVIII, fig. 27). Au-dessus des cotylédons s'élève la tige principale, longue d'un peu plus de 3 centimètres et présentant trois nœuds visibles extérieurement. Outre les six feuilles insérées à ces nœuds, il y en a quatre autres plus ou moins cachées entre la base des pétioles des feuilles 3 et III. Les feuilles de chaque paire sont d'inégale grandeur : la plus petite est la plus ancienne ([1]). Les fe^1, fe^I et fe^2 sont simples, dentées; les autres sont trifoliolées, à folioles dentées.

STRUCTURE.

§ 1. Axe hypocotylé (fig. 28 et 35)

1° *Épiderme;*

2° *Parenchyme cortical :* Comme au stade précédent; endoderme à peine reconnaissable (pl. XIX, fig. 35);

3° *Cylindre central :* Massif ligneux primaire à deux pôles, entouré de toutes parts de bois secondaire. Celui-ci, composé de vaisseaux et de trachéides (fig. 36), a été engendré par une zone cambiale continue. Les vaisseaux sont plus nombreux à droite et à gauche du massif primaire. Le liber secondaire est peu abondant. Le péricycle s'est recloisonné et forme plusieurs couches. Contre le liber, un certain nombre des éléments péricycliques épaississent leurs parois et forment des fibres (fig. 35).

([1]) Les feuilles seront désignées par le numéro du nœud où elles sont insérées. Dans une paire quelconque, la feuille la plus ancienne, qui reste plus petite, sera désignée par un chiffre arabe, tandis que l'autre, plus récente et plus grande à l'état adulte, sera indiquée par un chiffre romain (fig. 27, 30, 31, etc.).

A la base du nœud cotylédonaire (fig. 29), les deux pôles ligneux centripètes se sont écartés l'un de l'autre, il existe une moelle assez large et l'on distingue de chaque côté du plan de symétrie trois faisceaux à développement centrifuge : de ces six faisceaux, quatre forment, en se réunissant deux à deux, les faisceaux cotylédonaires antérieur et postérieur (*cot.* et COT.); les deux autres faisceaux vont se trifurquer et produire les faisceaux médians de la fe' et de la fe^{1}, ainsi que les réparateurs A, B, C, D.

§ 2. Tige principale.

PARCOURS DES FAISCEAUX. — Dans le premier entre-nœud, on retrouve les six faisceaux qui existent dans le nœud cotylédonaire : deux foliaires et quatre réparateurs. La fe', formée la première, ne reçoit qu'un faisceau (M'), qui se trifurque en sortant. La fe^{1} reçoit les trois faisceaux $(LML)^{1}$; les deux foliaires latéraux sont fournis par A et D. La figure 30 représente la projection du premier nœud.

Chacune des feuilles suivantes reçoit trois faisceaux. Dans chaque paire, une feuille est insérée un peu plus bas que l'autre.

Le médian de la fe^{2}, la plus ancienne du nœud ^{2}, est fourni par C et les deux latéraux par D et B. Le médian de la fe'' est fourni par A et les deux latéraux par D et B. La figure 31 représente la projection du deuxième nœud.

Après la sortie dans la fe'', on trouve six faisceaux libéroligneux, quatre gros et deux petits; ces derniers proviennent respectivement de A et de C. Ces six faisceaux sont désignés A, A′, B, C, C′, D dans l'entre-nœud ^{3} (fig. 32).

Après la sortie dans la fe''', on ne trouve plus que cinq faisceaux : A, A′, B, C et D; le faisceau C′ s'est fusionné à B.

Le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les feuilles sont indiqués dans la figure 33.

PHYLLOTAXIE. — Les deux individus étudiés étaient senestres, c'est-à-dire que la spire phyllotaxique passant par les $fe^{1,2,3}$,..., tournait en sens inverse des aiguilles d'une montre. Les figures 34

et 38 montrent respectivement la spire phyllotaxique (¹) et la projection des appendices (²) d'un de ces individus.

En suivant la spire, on trouve les angles suivants :

De *cot* à fe^{1} : 82°.
De fe^{1} à fe^{2} : 45°.
De fe^{2} à fe^{3} : 72°.
De fe^{3} à fe^{4} : 60°.
De fe^{4} à fe^{5} : 105°.

Quant aux appendices d'une même paire, ils font entre eux les angles suivants mesurés dans le sens de l'enroulement de la spire :

De *cot* à COT : 180°.
De fe^{1} à fe^{I} : 188°.
De fe^{2} à fe^{II} : 196°.
De fe^{3} à fe^{III} : 200°.
De fe^{4} à fe^{IV} : 222°.
De fe^{5} à fe^{V} : 180°.

Histologie. — Une coupe transversale faite au milieu du troisième entre-nœud (fig. 32 et 37) montre :

1° *Épiderme;*

(¹) Dans les figures 34 et 38, la spire phyllotaxique passant par les $fe^{1,2,3}$,... semble dextre, mais les coupes ayant été pratiquées en tenant l'objet renversé (sommet de la tige en bas), les images sont symétriques de la disposition réelle.

(²) Pour obtenir la projection des appendices, lorsque les entre-nœuds de la tige sont déjà fortement allongés, je me suis servi de matériaux inclus à la celloïdine. J'ai d'abord copié à la chambre claire la coupe pratiquée dans le bourgeon terminal. Sur ce premier dessin, qui représente *exactement* la disposition des feuilles jeunes, j'ai ajouté la section des pétioles des feuilles plus âgées. La position de celles-ci peut être relevée à chacun des nœuds grâce à un trait de repère marqué au scalpel tout le long de la tige. Pour les feuilles âgées, le degré d'exactitude dépend donc de la rectitude du trait de repère et de l'absence de torsion des entre-nœuds. J'ai cherché à réaliser ces deux conditions aussi parfaitement que possible.



2° *Tissu fondamental.* Trois régions distinctes :

a) Région externe : parenchyme vert, lacuneux, avec collenchyme sous les côtes de la surface;

b) Région centrale ou moelle : grandes cellules à méats triangulaires;

c) Région interfasciculaire : parenchyme à cellules plus petites, sans méats.

3° *Faisceaux.* Bois primaire : trachées initiales précédées de quelques éléments procambiaux non différenciés (fibres primitives de M. Bertrand). Bois secondaire : vaisseaux et trachéides. Cambium : sept rangées radiales de cellules. Liber : liber secondaire peu distinct du liber primaire.

Entre le liber et le collenchyme se trouvent de nombreuses couches de cellules à parois minces, sans méats, destinées à devenir plus tard du sclérenchyme.

STADE V.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

A l'âge de 6 mois, la racine principale porte des radicelles nombreuses; l'axe hypocotylé, relativement fort court, n'a que 15 millimètres de longueur; la tige principale, haute de 60 centimètres environ, porte 13 à 15 paires de feuilles; les cotylédons sont tombés.

STRUCTURE.

§ 1. Axe hypocotylé.

1° L'*épiderme*.

2° Le *parenchyme cortical* est en partie écrasé et, en certains endroits, décortiqué (fig. 39).

3° Le *cylindre central*. Des rayons médullaires secondaires, pénétrant à des profondeurs variables, découpent le bois secondaire qui est très développé (fig. 40). Le liber présente des ilots d'éléments sclérifiés disposés à diverses profondeurs.

§ 2. Tige principale.

La tige principale peut se diviser en deux régions :

Première région. — Elle comprend les sept ou huit premiers segments [1]. Ils portent chacun une paire de feuilles inégales et insérées l'une un peu au-dessus de l'autre : c'est la plus petite feuille de chaque paire qui est insérée plus bas et qui a apparu la première. Au premier nœud, la fe^{1} (la plus petite à l'état adulte) ne reçoit le plus souvent qu'un seul faisceau. La fe^{1} reçoit trois faisceaux, un médian et deux latéraux. Les feuilles des paires suivantes reçoivent toutes trois faisceaux.

La spire phyllotaxique passant par les $fe^{1, 2, 3}$ ... est tantôt dextre, tantôt senestre. Les angles de divergence mesurés d'une

[1] Par *segment caulinaire*, il faut entendre un nœud de la tige avec l'entre-nœud qui précède.

petite feuille à la suivante sont renseignés dans le tableau suivant :

PREMIER INDIVIDU.

—

cot
$>$ 71°
fe^{1}
$>$ 46°
fe^{2}
$>$ 54°
fe^{3}
$>$ 81°
fe^{4}
$>$ 133°
fe^{5}
$>$ 67°
fe^{6}
$>$ 89°
fe^{7}
$>$ 90°
fe^{8}
$>$ 90°
fe^{9}
$>$ 91°
fe^{10}

(voyez fig. 41, pl. XX).

DEUXIÈME INDIVIDU.

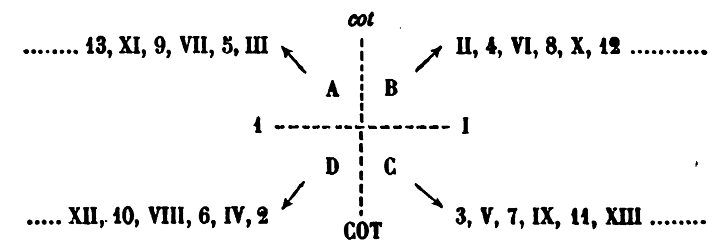
—

cot
$>$ 89°
fe^{1}
$>$ 30°
fe^{2}
$>$ 35°
fe^{3}
$>$ 140°
fe^{4}
$>$ 30°
fe^{5}
$>$ 127°
fe^{6}
$>$ 91°
fe^{7}
$>$ 143°
fe^{8}
$>$ 127°
fe^{9}
$>$ 50°
fe^{10}
$>$ 130°
fe^{11}
$>$ 87°
fe^{12}
$>$ 94°
fe^{13}
$>$ 90°
fe^{14}
$>$ 90°.
fe^{15}

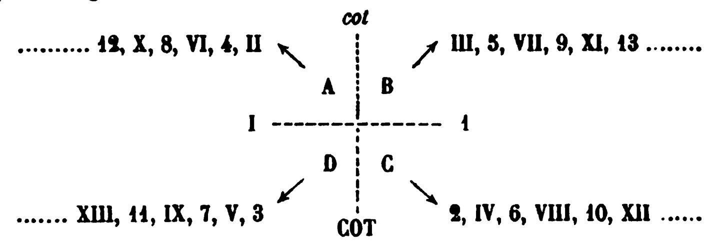
En résumé, dans cette première région, les deux feuilles d'une paire sont inégales ; elles ne sont pas insérées rigoureusement au même niveau et, de plus, ne sont pas rigoureusement opposées l'une à l'autre. On peut voir dans cet arrangement un état intermédiaire entre la disposition spiralée des autres Renonculacées et la disposition franchement opposée-décussée qui caractérise les Clématidées adultes.

Si, à partir de la fe^{2}, on envisage la série des feuilles successives, on constate que le faisceau médian de ces feuilles provient régulièrement des faisceaux A, B, C, D de la tige dans l'ordre suivant :

a) Pour un individu dextre :



b) Pour un individu senestre dont le parcours est représenté par la figure 46 :



Les faisceaux latéraux des feuilles d'une même paire se croisent quelquefois à leur sortie, d'un côté, comme on le voit à tous les nœuds du *Ranunculus arvensis* [1].

Dans cette première région, les entre-nœuds ont moins de douze faisceaux, ordinairement six gros et deux, quatre ou cinq petits; dans ce cas, il y a six côtes à la surface et la coupe a un aspect hexagonal (fig. 42). Il arrive parfois que l'un des six faisceaux principaux est plus petit que les autres; alors il y a cinq côtes seulement et la coupe a un aspect pentagonal (fig. 43), ce qui existe dans toute l'étendue d'autres Renonculacées. On peut aussi ne rencontrer que cinq gros faisceaux accompagnés de cinq petits; dans ce cas, deux gros faisceaux latéraux sont fusionnés en un seul; il y a aussi cinq côtes et la coupe a une forme pentagonale (fig. 44). Enfin, on observe quelquefois sept faisceaux, quatre gros et trois petits; quatre gros faisceaux latéraux sont soudés en deux et la coupe est circulaire (fig. 45).

Ces trois aspects singuliers si différents des entre-nœuds de la Clématite adulte s'observent dans toute l'étendue d'un entre-nœud au moins.

Quant aux nœuds, ils montrent des ramifications et des anastomoses de faisceaux peu régulières (fig. 46).

Seconde région. — A partir du septième ou du huitième segment, les feuilles sont franchement opposées-décussées, égales

[1] *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées.* Le *Ranunculus arvensis* L., par M. Édouard Niboul, *loc. cit.*

et insérées au même niveau. La tige a acquis ses caractères définitifs. Les entre-nœuds présentent douze faisceaux, six gros et six petits (fig. 47), et les nœuds montrent des ramifications et des anastomoses presque régulières se rapprochant de plus en plus de ce qui existe dans la tige adulte. Chaque feuille reçoit trois faisceaux. Les faisceaux latéraux ne se croisent plus à la sortie, comme cela a lieu à certains nœuds de la région précédente. La trifurcation des six gros faisceaux se fait dans la première moitié du nœud ; par suite, les faisceaux foliaires ont un trajet libre fort court.

Histologie. — Une coupe transversale dans un entre-nœud de la seconde région de la tige principale montre (fig. 47 et 48) :

1° L'épiderme ;

2° Le tissu fondamental externe : parenchyme vert, méatique, avec collenchyme sous les côtes de la surface ;

3° Une gaine de sclérenchyme, primitivement continue, plus tard interrompue çà et là. Elle est formée de fibres plus ou moins longues ; celles des côtes ne diffèrent pas de celles des sillons (fig. 47, 48, 49) ;

4° Un suber exfoliateur (1) ;

5° Des arceaux plus ou moins complets de fibres sclérifiées à l'extérieur du liber mou (fig. 47 et 48) (2) ;

6° Douze faisceaux, six gros et six petits, disposés sur un seul cercle, les petits plus écartés du centre de la tige. Ces faisceaux sont séparés les uns des autres par des cellules sclérifiées (rayons médullaires primaires) ;

7° La moelle, avec une lacune centrale. Ses cellules sont grandes et présentent des parois épaissies avec méats triangulaires.

(1) Ce suber n'existe pas encore dans la figure 50 représentant une tige plus jeune que celle de la figure 48.

(2) Ces fibres épaississent et sclérifient leurs parois assez tardivement. Elles ne sont pas encore caractérisées dans la figure 50, qui représente l'un des faisceaux pris dans une tige principale âgée de trois mois seulement. La figure 48, qui montre les fibres sclérifiées contre le liber, provient d'une tige principale âgée de six mois.

PLANTULES ANOMALES.

Sur vingt-cinq plantules possédant quatre feuilles visibles extérieurement, nous avons observé dix individus senestres, onze dextres et quatre anomaux. Dans ceux-ci, la *fe* ^{1} est isolée par un long entre-nœud de la paire suivante. La figure 51 représente les caractères extérieurs d'un de ces individus; la figure 52 montre sa vernation reconstituée et la figure 53 sa spire phyllotaxique.

On peut faire trois hypothèses pour expliquer la disposition des appendices dans les cas d'anomalie que nous signalons : il peut y avoir eu déplacement longitudinal de certaines feuilles, ou bien intercalation d'une feuille nouvelle, ou enfin suppression d'une feuille normale. Le tableau suivant indique ces trois explications hypothétiques en regard de la disposition normale. Dans ce tableau, les flèches vont de la feuille la plus âgée à la feuille la plus jeune de chaque paire.

DISPOSITION NORMALE.			1re HYPOTHÈSE.			2me HYPOTHÈSE.			3me HYPOTHÈSE.		
cot.		COT.	*cot.*		COT.	*cot.*		COT.	*cot.*		COT.
1	→	I	1	→	I	1			1	→	I
2	→	II	2			fe. intercalée			2		
3	→	III	3	←	II	2	→	II	3	→	III
4	→	IV	4	←	III	3	→	III	4	→	IV
5	→	V	5	←	IV	4	→	IV	5	→	V

L'étude du parcours des faisceaux ne permet d'admettre, pour l'interprétation des anomalies, que la première des trois hypothèses. En effet, dans la figure 54, on voit que les faisceaux de la *fe* ^{II}, au lieu de se détacher au niveau habituel marqué d'une *, se détachent seulement au troisième nœud qui porte, en même temps, la *fe* ^{3} normale. De plus, on constate qu'au nœud ^{3} la *fe* ^{II} est plus âgée que la *fe* ^{3}; qu'au nœud ^{4}, la *fe* ^{III} est en avance

sur la fe^{4} et ainsi de suite. Il y a donc bien eu déplacement de toutes les fe^{II}, ^{III}, ^{IV}, les fe^{3}, ^{4}, ^{5} restant en place.

D'ailleurs, le même fait de déplacement longitudinal a été remarqué au nœud ^{7} d'une autre plantule plus âgée.

Ces anomalies rendent plus évidente encore la disposition spiralée des appendices dans la région inférieure de la tige principale du *C. vitalba* et relient ainsi le type oppositifolié au type spiralé des autres Renonculacées.

§ 3. Feuilles.

Caractères extérieurs. — Les feuilles des premières paires ont une forme plus simple et une taille plus petite que les feuilles situées plus haut. Les figures 67 et 68 (pl. XXIV) représentent la fe^{1} et la fe^{3}.

La fe^{1} est simple, dentée et mesure 13 millimètres de longueur, pétiole compris. Le faisceau qu'elle reçoit de la tige se trifurque à sa sortie. La branche médiane et l'une des branches latérales se bifurquent dans la partie supérieure du pétiole; deux des rameaux ainsi formés s'anastomosent, de sorte que le limbe possède dès sa base quatre fortes nervures qui se ramifient pour former un réseau assez compliqué de nervilles. Celles-ci se terminent en pointe libre ou par une anastomose.

La fe^{3} est trifoliolée et mesure, pétiole compris, 5 $^{1}/_{2}$ centimètres de longueur. Chaque pétiole possède dès sa base trois fortes nervures.

La fe^{6} est déjà semblable à la feuille de la plante adulte.

Parcours et histologie. — Ils ont été étudiés dans la fe^{6} et trouvés semblables à ceux de la feuille adulte, qui sera décrite complètement au chapitre III.

§ 4. Racine principale.

La racine principale a une structure semblable à celle de l'axe hypocotylé, sauf que son parenchyme cortical est presque entièrement détruit et que, dans le cylindre central, les ilots libériens et les rayons médullaires secondaires sont beaucoup moins nombreux.

CHAPITRE III.

LA PLANTE ADULTE.

§ 1. LES TIGES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Durant le premier hiver, la partie supérieure de la tige principale se détruit; au printemps suivant, les bourgeons axillaires de la partie inférieure qui a subsisté se développent en longues tiges. Celles-ci ont le même sort que la tige principale l'hiver suivant. Lorsque, après un nombre d'années variable selon les circonstances, la plante est devenue adulte, elle n'a donc gardé que les portions persistantes de la tige principale et de plusieurs tiges axillaires successives. Quant à l'axe hypocotylé, il se confond alors avec la racine principale.

A chaque printemps, les bourgeons axillaires de l'année précédente donnent naissance à de longues tiges sarmenteuses, toutes équivalentes et à croissance indéterminée. Il n'est pas rare d'en trouver qui mesurent 4 à 5 mètres de longueur. Chacune d'elles comprend deux régions :

1° *La région à structure variable,* longue de quelques millimètres seulement, comprenant les deux, trois ou quatre premiers segments : les nœuds, très rapprochés, portent des feuilles de plus en plus grandes et de forme de plus en plus compliquée (fig. 70 et 73, pl. XXIV). Les bourgeons axillaires ne se développent généralement pas. La tige, dans cette région, est plus ou moins renflée.

2° *La région à structure constante,* comprenant un nombre indéterminé de segments à longs entre-nœuds et à feuilles toutes à peu près semblables. Dans cette seconde région, les bourgeons

axillaires se comportent de diverses manières : les premiers (ordinairement 8 à 10 paires) restent latents; ils sont destinés à passer l'hiver et à produire de nouvelles tiges feuillées; les bourgeons suivants (ordinairement 5 ou 6 paires) se développent immédiatement en inflorescence; les derniers (ordinairement 2 ou 3 paires) cessent de pousser comme le bourgeon terminal lui-même (1).

Parfois le bourgeon terminal reprend sa croissance et produit des segments à bourgeons latents, puis une nouvelle série de segments florifères.

Normalement, les tiges ne portent pas de rameaux durant la première année, si ce n'est des inflorescences axillaires. Celles-ci manquent même lorsque la tige est grêle, tous les bourgeons restant latents.

Lorsqu'une tige a été brisée accidentellement, un ou plusieurs des bourgeons destinés à n'entrer en végétation que l'année suivante peuvent se développer immédiatement. Si l'accident s'est produit au milieu des segments florifères, un bourgeon-inflorescence se transforme en une tige feuillée. Celle-ci se reconnaît cependant à ce qu'elle porte des fleurs dès ses premiers nœuds, tandis qu'elle n'en porte pas plus haut.

De tout cela il faut conclure que, hormis les axes d'inflorescence, les tiges du *C. vitalba* sont toutes équivalentes : la distinction en tige primaire et tiges secondaires ou rameaux plus ou moins différenciés n'existe pas. L'examen anatomique ayant confirmé cette affirmation, nous ne nous occuperons par la suite que d'une tige quelconque de la plante adulte, sans rechercher *l'ordre* auquel elle appartient.

(1) La plus longue tige que nous ayons trouvée mesurait plus de 5 mètres; sa deuxième région comprenait 30 segments portant 6 paires de bourgeons latents, 21 paires d'inflorescences et 3 paires de bourgeons non développés.

STRUCTURE.

I. *Région à structure variable :*

Une tige quelconque reçoit de la tige-mère deux faisceaux (*faisceaux d'insertion*) détachés des deux faisceaux réparateurs qui, dans la tige-mère, sont voisins du *sortant médian*. Ces deux faisceaux se trifurquent bientôt et constituent les six *gros* faisceaux du premier segment de la tige que nous considérons. De *petits* faisceaux apparaissent plus tard et en nombre variable : généralement il y a six petits faisceaux, mais il peut s'en trouver jusqu'à dix ou douze. Ce grand nombre de petits faisceaux intercalés entre les gros est évidemment en rapport avec le diamètre exagéré de la tige qui, dans cette première région, est toujours plus ou moins renflée. C'est par l'intermédiaire de ces faisceaux *intercalaires* et en quelque sorte surnuméraires que s'établit une communication facile entre les tissus secondaires de la tige nouvelle et ceux de la tige-mère.

Quant au parcours des faisceaux (fig. 64, pl. XXIII), il offre dans cette région quelques irrégularités, tout en se rapprochant beaucoup du parcours normal.

II. *Région à structure constante :*

Le nombre des faisceaux est toujours de douze : six gros et six petits dont le parcours est parfaitement régulier. Dans cette seconde région, nous étudierons l'histogenèse, l'histologie et le parcours détaillé.

Histogenèse et parcours. — En étudiant des coupes successives dans le sommet végétatif, on trouve de haut en bas :

1° *Stade méristématique.* Un massif de cellules se cloisonnant en tous sens et entouré par le dermatogène (fig. 55, pl. XXII) ;

2° *Stade procambial* (dans l'étendue de deux segments). Six cordons de procambium, nettement reconnaissables au sein du tissu fondamental (fig. 56).

Plus bas encore, deux des cordons procambiaux présentent une trachée et deux éléments libériens (fig. 57 et 58) : ce sont les deux faisceaux sortants médians ; les autres faisceaux ne se différencient que plus bas. Les cellules procambiales comprises entre le pôle libérien et le tissu fondamental externe (actuellement trois ou quatre couches) doivent se recloisonner un grand nombre de fois pour se différencier ensuite en un îlot de sclérenchyme. Les quatre ou cinq couches de tissu fondamental externe se recloisonneront aussi pour devenir du collenchyme;

3° *Stade primaire* (deux segments). L'entre-nœud a six faisceaux différenciés (fig. 59 et 60) montrant chacun cinq ou six trachées. Dans le nœud, chaque faisceau se trifurque en une branche foliaire et deux branches réparatrices. Les six foliaires sortent et les branches réparatrices s'anastomosent deux à deux pour reconstituer les six faisceaux réparateurs destinés à l'entre-nœud suivant. Ce parcours simple, régulier, s'observe également dans l'*Atragene alpina*.

A ce stade, les cellules procambiales avoisinant le liber et destinées à devenir du sclérenchyme sont plus nombreuses (fig. 60) (1). Le tissu fondamental externe montre aussi un plus grand nombre d'assises; ses éléments sont assez larges;

4° *Stade secondaire*. Dans les Clématites à grandes feuilles, comme le *C. vitalba*, six autres faisceaux apparaissent dans l'intervalle entre les six précédents. Ils se montrent d'abord à l'état de procambium, à l'époque où les faisceaux principaux sont complètement différenciés et viennent d'entrer dans la période secondaire (fig. 61, pl. XXIII). Ils restent à cet état procambial

(1) M. Dangeard (*Le Botaniste*, vol. I, p. 117) n'admet pas l'existence d'un péricycle dans les tiges, mais distingue dans le liber deux parties : le *périphragme* et la *région des îlots grillagés*. Le périphragme « est produit par un cloisonnement actif des cellules procambiales qui entourent les îlots grillagés ». Cette production est relativement tardive et aboutit à un tissu entièrement cellulaire ou accompagné de fibres qui, d'après l'auteur, peuvent s'appeler indifféremment fibres libériennes ou périphragmatiques. J'ai cru convenable de noter ici cette observation à l'appui de celles que j'ai faites dans le *C. vitalba*.

dans l'étendue de quatre ou cinq segments, puis se différencient à leur tour.

Ces *petits faisceaux* sont non seulement caractérisés par leur apparition tardive, mais encore par leur plus grand éloignement du centre, leur développement moins grand, leur histologie et leur parcours. Les auteurs leur ont donné le nom de *faisceaux intercalaires*.

Au point de vue histologique, ils se distinguent par l'absence de trachées ou par un nombre plus petit de ces éléments. Au point de vue du parcours, ils commencent dans la moitié inférieure d'un nœud par deux branches qui s'anastomosent en un faisceau; celui-ci traverse tout l'entre-nœud et se bifurque dans la moitié inférieure du nœud suivant. En d'autres termes, ils commencent et finissent aux faisceaux réparateurs (fig. 65). Ces petits faisceaux rappellent par leur position, leur parcours et l'époque de leur apparition, les massifs secondaires qui s'intercalent entre les faisceaux chez beaucoup de Dicotylédones, notamment les faisceaux désignés par γ dans l'*Urtica* [1].

Quant aux autres faisceaux, que nous appellerons les gros faisceaux, ils marchent parallèlement dans l'entre-nœud comme les petits. Au nœud, ils se trifurquent, puis s'anastomosent deux à deux très régulièrement (fig. 65).

Histologie. — Une tige âgée d'un an, prise sur la plante adulte, montre la même organisation que la tige principale au stade V.

Dans une tige de 4 ans, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 62 et 63) :

1° Le suber exfoliateur de l'épiderme, du tissu fondamental externe et de la gaine de sclérenchyme;

2° Un premier cercle ondulé formé d'arceaux scléreux extérieurs à chaque massif libérien;

[1] *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioïca *L.*, par M. A. Gravis. (Mémoires in-4° de l'Académie royale des sciences, etc. de Belgique, t. XLVII, 1884.)

3° Une bande de liber, dont beaucoup d'éléments sont à l'état corné;

4° Un deuxième suber exfoliateur qui rejettera au dehors la première assise exfoliatrice, les premiers arceaux scléreux et la portion de liber qui leur est sous-jacente;

5° Un parenchyme libérien méatique comprenant trois ou quatre couches de cellules contenant de l'amidon;

6° Un deuxième cercle formé d'arceaux scléreux;

7° Une bande de liber;

8° Le cambium;

9° Le bois, comprenant quatre régions concentriques très visibles, correspondant chacune à une année. Les vaisseaux ont un grand diamètre;

10° Douze pôles ligneux primaires;

11° La moelle, dont les éléments offrent des parois épaissies et des méats triangulaires.

Les douze faisceaux, serrés les uns contre les autres, sont séparés par des rayons médullaires primaires, présentant une partie externe molle et une partie interne sclérifiée. Chaque faisceau est divisé par des rayons secondaires qui pénètrent plus ou moins profondément.

Tissus amylifères. Le méristème primitif ne renferme pas d'amidon. Au niveau où se forment les six massifs procambiaux, à quelques millimètres du sommet, on trouve de l'amidon dans la moelle et le tissu fondamental primaire externe. Il en est de même plus bas, où les massifs procambiaux se différencient. A partir du niveau où apparaissent, à l'état procambial, les six petits faisceaux (à environ 2 centimètres du sommet), la substance amylacée manque dans la moelle, mais on en trouve dans le tissu fondamental primaire externe, y compris le collenchyme en formation, et dans deux ou trois couches de cellules sur les côtés des gros faisceaux. Au niveau où les douze faisceaux sont différenciés, ainsi que le collenchyme et le sclérenchyme, on trouve en outre de l'amidon dans le liber jeune.

Une tige âgée d'un an, dans laquelle une couche subéreuse s'est déjà formée, contient de l'amidon dans la moelle, les rayons

médullaires, le liber jeune, le tissu fondamental secondaire externe, et dans une ou deux couches extérieures au liber, en dessous du suber. L'amidon manque dans le tissu fondamental primaire externe.

Dans une tige âgée de quatre ans, l'amidon se rencontre dans la moelle, les rayons médullaires, le liber jeune et dans le parenchyme libérien sous-jacent au deuxième suber.

Il n'existe nulle part, dans la tige, une couche distincte à laquelle on puisse donner le nom d'*endoderme amylifère.*

Il n'existe pas non plus d'endoderme caractérisé par des plissements sur les cloisons radiales.

§ 2. LES FEUILLES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les feuilles d'une tige quelconque ont une forme et une taille variables suivant la hauteur à laquelle elles sont insérées. Les variations sont surtout rapides dans la première région de la tige où les feuilles, très rapprochées les unes des autres, sont insérées par paire au même niveau et décussées, contrairement à ce que l'on observe à la base des tiges principales. La première paire de feuilles se trouve dans le plan perpendiculaire au plan médian du segment qui porte le bourgeon. Deux tiges ont été principalement étudiées.

Dans la première, qui est senestre (fig. 70), la *fe* ¹ rudimentaire comprend un pétiole élargi, un limbe long de 4 millimètres, large de 1 millimètre, et trois nervures qui ne se ramifient pas (fig. 71). La *fe* ¹ possède un limbe denté, long de 8 millimètres (fig. 72), large de 2; trois faisceaux, le médian se ramifiant abondamment. La *fe* ² est trilobée, à lobes dentés; la *fe* ⁱⁱ est trifoliolée, à folioles dentées. Les feuilles de la troisième paire ont trois folioles dentées. Les feuilles de la quatrième paire possèdent cinq folioles.

Dans la seconde tige, qui est dextre (fig. 73), les feuilles de la première paire sont simples et dentées (fig. 74 et 75); la *fe* ² a trois folioles et la *fe* ⁱⁱ cinq; les feuilles de la troisième paire sont trifoliolées; les feuilles suivantes possèdent cinq folioles.

La deuxième région des tiges porte des feuilles qui varient peu de forme et de dimensions. Elles ont cinq folioles et plus rarement sept (fig. 76). Elles sont toujours dépourvues de stipules; leur pétiole se continue en un rachis présentant deux ou trois nœuds donnant insertion aux folioles.

STRUCTURE.

Toutes les feuilles reçoivent trois faisceaux; celles de la première paire cependant n'en reçoivent parfois qu'un seul. Nous prendrons comme exemple une feuille ordinaire soit à cinq, soit à sept folioles. (Il a été constaté que la structure était sensiblement la même dans ces deux sortes de feuilles.)

Parcours. — Les trois faisceaux sortants de la tige (un médian, deux latéraux, soient L, M, L) se trifurquent dès la base du pétiole, puis s'anastomosent (fig. 66), de façon à constituer six faisceaux : un médian, deux latéraux, deux marginaux et un faisceau diamétralement opposé au médian, soient *m*LML*m*O. Telle est la structure au milieu du pétiole (fig. 77).

Cette structure se retrouve au milieu du premier entre-nœud ou rachis, ainsi qu'au milieu du deuxième entre-nœud.

Au premier nœud du rachis, c'est-à-dire à l'insertion de la première paire de folioles, on constate (fig. 78) que chaque pétiolule reçoit deux faisceaux détachés des faisceaux L et *m*. Ces faisceaux se divisent bientôt et s'anastomosent de façon à constituer les six faisceaux du pétiolule (fig. 79). La même chose s'observe au deuxième nœud du rachis.

La figure 66 reproduit le parcours des faisceaux dans le pétiole et le rachis. On y remarquera l'analogie existant entre l'insertion du pétiolule et celle du bourgeon, comme dans l'*Urtica* ([1]).

On trouve parfois des feuilles très vigoureuses qui contiennent dans leur pétiole et leur rachis un ou deux petits faisceaux intermédiaires entre le faisceau M et les L et deux *m'* entre le faisceau O et les *m* (fig. 80). Ces petits faisceaux ne jouent aucun rôle dans l'insertion des pétiolules.

Quant au faisceau O, il se divise à la base de la foliole terminale, s'anastomose avec les faisceaux voisins et donne finalement de chaque côté deux petites branches qui se dirigent vers les bords inférieurs du limbe.

([1]) M. A. Gravis, *loc. cit.*, p. 180.

Histologie du limbe. — La coupe transversale d'une foliole (fig. 81) montre :

1° *L'épiderme.* Cellules sans chlorophylle, à cuticule lisse, plus grandes à la face interne qu'à la face externe. Stomates à la face externe seulement, au nombre de soixante-deux par millimètre carré, formés chacun de deux cellules de bordure au niveau de la surface avec deux replis saillants de la cuticule. Chambre stomatique formée par un grand méat. Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contour sinueux, des stomates arrondis, sans cellules annexes (fig. 82 et 83). Sur les nervures, les cellules épidermiques, presque rectangulaires, sont allongées dans le sens de la longueur des nervures. Deux sortes de poils : les uns longs, droits, effilés, à membrane plus épaisse d'un côté que de l'autre; les autres courts, en forme de massue (fig. 84). Ces deux sortes de poils sont très abondants sur la tige et les feuilles dans le sommet végétatif. Les poils claviformes tombent assez tôt, de sorte que sur les feuilles vieilles on ne rencontre plus guère que des poils longs et effilés; encore ceux-ci sont-ils peu abondants;

2° *Le mésophylle.* Il est hétérogène (fig. 81) : une assise de cellules en palissade; trois ou quatre assises de cellules irrégulières à grands méats constituant le parenchyme spongieux. Collenchyme aux deux faces, de chaque côté des nervures. Chlorophylle dans tout le mésophylle. Ni cristaux ni glandes;

3° *Les nervures.* Elles sont constituées par un seul faisceau; pas de cellules sclérifiées.

Histogenèse. — Sur la troisième coupe, dans le sommet végétatif d'une tige adulte, on peut étudier la formation des nervures dans l'épaisseur de l'assise moyenne du mésophylle primitif (fig. 85). Les deux autres assises sont destinées à donner naissance, l'une au parenchyme palissadique, l'autre au parenchyme spongieux. Il est surprenant de constater qu'une disposition si nette à l'état jeune s'efface complètement à l'état adulte. (Comparez les figures 85 et 81, dessinées au même grossissement.)

§ 3. LES RACINES.

I. Sommet végétatif d'une jeune racine.

Coupes transversales.

La quatorzième coupe à partir du sommet montre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 86, pl. XXV) :

1° La *coiffe,* formée à ce niveau de cinq ou six couches de cellules, et l'*assise pilifère,* composée de cellules allongées dans le sens radial, à parois minces;

2° Le *parenchyme cortical,* constitué par dix assises cellulaires méatiques. Les éléments des assises extérieures sont plus petits que les autres. L'assise la plus profonde est l'endoderme : celui-ci ne se distingue guère que par l'alternance de ses éléments avec ceux de l'assise sous-jacente;

3° Le *cylindre central,* limité par un péricycle assez net, à cellules plus grandes que les autres, presque isodiamétrales. Le reste du massif est formé par de petits éléments procambiaux.

La vingt-cinquième coupe à partir du sommet montre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 87) :

1° Les débris de la *coiffe* et l'*assise pilifère* dont les cellules sont épaissies extérieurement;

2° Le *parenchyme cortical,* comme au niveau précédent;

3° Le *cylindre central* au stade de la différenciation primaire. Il présente deux ou trois pôles libériens et autant de pôles ligneux.

Plus tard apparait la zone cambiale comme on le voit dans la figure 88 où le faisceau est bipolaire.

Coupe longitudinale.

La figure 89 montre le méristème primitif comprenant :

1° Un groupe de petites cellules isodiamétrales se cloisonnant

en tous sens et donnant naissance à des éléments procambiaux : ce sont les *initiales du faisceau ;*

2° Deux cellules exactement superposées, *initiales du parenchyme cortical ;*

3° Une couche de cellules, *initiales de l'assise pilifère et de la coiffe.*

II. Racine d'un an.

De l'extérieur vers l'intérieur (fig. 90, 91 et 92) :

1° Les débris du parenchyme cortical primaire et l'endoderme ;

2° Le péricycle recloisonné formant un « parenchyme péricyclique » ;

3° Le cylindre central dont les productions secondaires sont fort développées. Deux longs rayons primaires, légèrement sclérifiés, s'étendent jusqu'aux pôles primaires. Des rayons secondaires pénétrant à des profondeurs variables découpent le bois secondaire formé de larges vaisseaux et d'une grande quantité de trachéides. Le liber a ses éléments disposés en séries radiales. Il renferme des bandes tangentielles irrégulières de fibres scléreuses.

III. Racine de deux ans.

Les rayons secondaires sont plus nombreux; les bandes tangentielles de fibres sclérifiées plus abondantes et plus développées que dans la racine précédente (fig. 93). La séparation entre le bois de chaque année est indiquée par des vaisseaux de large diamètre. A la périphérie, un premier suber a décortiqué le parenchyme péricyclique. Au-dessous des bandes scléreuses les plus externes, on voit un deuxième suber constitué par deux ou trois assises de cellules brunes (fig. 94).

RÉSUMÉ DE LA PREMIÈRE PARTIE.

EMBRYON.

L'embryon du *Clematis vitalba* diffère peu de celui du *Ranunculus arvensis* : ses dimensions sont à peu près les mêmes, mais les couches cellulaires de son parenchyme cortical sont moins nombreuses (six au lieu de onze).

PLANTULES.

L'étude de l'*axe hypocotylé* a montré que le contact entre les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs, d'une part, et le faisceau bipolaire de la racine, d'autre part, se fait comme dans le *Ranunculus arvensis*.

Les *cotylédons* possèdent un mésophylle à peu près homogène et des stomates à la face externe seulement; ils ne présentent ni cristaux, ni poils, ni glandes; ils sont opposés et reçoivent chacun deux faisceaux qui se fusionnent dès la base du pétiole.

Les *feuilles* des premières paires de la tige principale ont une forme plus simple et une taille plus petite que les feuilles situées plus haut. On trouve d'abord des feuilles dentées, puis trilobées, trifoliolées et enfin des feuilles à cinq folioles. Celles de la première paire sont d'inégale grandeur et insérées à des niveaux légèrement différents; au nœud 1, la feuille qui apparait la première (fe^{1}) est située plus bas et prend un moins grand développement que l'autre (fe^{I}). De plus, la fe^{1} ne reçoit généralement qu'un seul faisceau, tandis que la fe^{I} en reçoit trois. Ces

trois caractères (apparition successive, inégalité de taille à l'état adulte et différence de niveau d'insertion) se retrouvent aux six ou sept nœuds suivants ; les feuilles de ces nœuds reçoivent chacune trois faisceaux, provenant toujours des réparateurs A, B, C, D. On peut faire passer une spirale régulière, tantôt dextre, tantôt senestre, par les feuilles les plus jeunes ou par les feuilles les plus âgées de chaque paire. Ces appendices sont cependant placés en croix, mais non rigoureusement opposés l'un à l'autre.

A partir du huitième ou neuvième nœud, les feuilles de chaque paire sont franchement opposées-décussées, égales, insérées au même niveau et apparaissent simultanément ; elles reçoivent toutes trois faisceaux.

La *tige principale* comprend deux régions qui correspondent aux deux manières d'être des feuilles :

1° La région à structure variable, formée des sept ou huit premiers segments. Les entre-nœuds contiennent moins de douze faisceaux ; ordinairement six gros (parfois cinq seulement) et deux, quatre ou cinq petits. Dans les nœuds, le parcours de ces faisceaux est très irrégulier et fort variable ;

2° La région à structure constante, à partir du huitième ou neuvième segment. Les entre-nœuds renferment toujours douze faisceaux (six gros et six petits) qui se ramifient et s'anastomosent d'une façon très régulière dans les nœuds. Cette structure se retrouve dans la plante adulte.

Il arrive que certains nœuds ne portent qu'une feuille, l'autre ayant été reportée au nœud suivant. Cette anomalie rend plus évidente la spire qui existe dans la région inférieure des individus normaux. On peut dire que la disposition opposée-décussée de la Clématite n'est pas primordiale, mais que le type décussé provient d'ancêtres à feuilles spiralées.

D'un autre côté, l'existence assez fréquente de cinq gros faisceaux et de cinq côtes aux premiers entre-nœuds des tiges principales rappelle d'une façon étonnante la disposition par cinq qu'on observe fréquemment chez d'autres Renonculacées, notamment le *Ranunculus arvensis*. Si nous comparons cette dernière plante au *Clematis vitalba* au point de vue du nombre des fais-

ceaux de la tige et de la disposition des feuilles, nous obtiendrons le tableau suivant :

	RANUNCULUS ARVENSIS.		CLEMATIS VITALBA.	
	Faisceaux dans la tige.	Disposition des appendices.	Faisceaux dans la tige.	Disposition des appendices.
Cotylédons et 1re paire de feuilles . .	4	Opposition.	4	Opposition.
Nœuds 2 à 7 .	5	Alternance.	Souvent 5 gros.	Disposition spiralée plus ou moins évidente.
Nœuds suivants	5	Alternance.	Toujours 6 gros.	Opposition acquise.

La croissance de la tige principale est indéterminée; le premier hiver détruit toute la partie supérieure de cette tige.

La *racine principale* contient un faisceau bipolaire et prend un grand développement. Le parenchyme cortical se décortique. Une assise subéreuse à la surface.

PLANTE ADULTE.

1. Tiges. — Toutes les tiges de la plante adulte sont équivalentes. Leur croissance est indéterminée : aucune simplification ne se manifeste dans leur structure vers l'extrémité en automne. Elles reçoivent deux faisceaux de la tige-mère. On doit distinguer deux régions. Dans la première, longue de quelques millimètres et comprenant deux, trois ou quatre segments, on trouve six gros faisceaux provenant de la trifurcation des faisceaux d'insertion et un nombre variable de petits faisceaux apparaissant plus tard; le parcours est irrégulier, mais se rapproche néanmoins du parcours normal. La deuxième région, comprenant un nombre indéterminé de segments à longs entre-

nœuds, renferme dans toute son étendue douze faisceaux dont six gros réparateurs et six intercalaires plus petits. Tous marchent parallèlement dans les entre-nœuds. Les premiers se trifurquent un peu en dessous du nœud ; par suite, les faisceaux foliaires ont dans la tige un trajet libre fort court. Après la sortie des foliaires, des anastomoses très régulières reconstituent les six réparateurs. Quant aux intercalaires différenciés plus ou moins tardivement, ils n'ont aucun rapport avec les feuilles ; ils commencent aux réparateurs d'un nœud pour finir aux réparateurs du nœud suivant.

De l'ensemble des études d'histologie et d'histogenèse, on peut conclure que, dans la tige, l'écorce n'est pas nettement limitée vers l'intérieur, si ce n'est derrière les faisceaux. Il y a lieu de distinguer dans le tissu fondamental trois régions : une interne, des interfasciculaires et une externe. On ne remarque ni endoderme continu ni assise plissée ou amylifère. La gaine continue de sclérenchyme est formée de portions intrafasciculaires et de portions interfasciculaires. Les premières se différencient avant les secondes, mais, à l'état adulte, il n'est pas possible de les distinguer histologiquement l'une de l'autre. Dans les deux portions, il y a des fibres longues et des fibres courtes, toutes sans méats, de même diamètre et à parois également épaissies.

La partie inférieure des tiges est seule persistante ; le reste est détruit pendant l'hiver.

2. Feuilles. — Les feuilles des tiges axillaires sont polymorphes comme celles de la tige principale, mais celles d'une même paire apparaissent en même temps, sont insérées au même niveau et se développent également. D'ordinaire les feuilles de la première paire sont plus ou moins rudimentaires et simplement dentées ; celles de la deuxième paire, trilobées ou trifoliolées ; les suivantes ont cinq ou sept folioles. Les deux premières feuilles reçoivent tantôt un, tantôt trois faisceaux ; les autres, toujours trois. Les folioles s'attachent sur le pétiole commun à peu près comme le bourgeon sur la tige-mère.

Quant à l'histologie des feuilles, elle varie peu. L'épiderme

externe seul est percé de stomates; ceux-ci sont au niveau de la surface et surmontés de deux replis saillants de la cuticule; il n'y a ni glandes ni cristaux, mais des poils unicellulaires simples, droits, effilés, à membrane plus épaisse d'un côté que de l'autre. Sur le sommet de la tige et les feuilles jeunes, on rencontre en outre des poils claviformes; ceux-ci tombent assez tôt, de sorte qu'on n'en trouve plus sur les feuilles situées plus bas.

Au point de vue de l'histogenèse, trois assises cellulaires constituent le mésophylle de la feuille jeune : l'assise interne produit le parenchyme en palissade; l'assise externe engendre le parenchyme spongieux; l'assise moyenne donne naissance aux nervures, puis se confond avec le parenchyme spongieux.

3. Racines. — Elles contiennent un faisceau bi- ou tripolaire. Tissus secondaires abondants; décortication du parenchyme cortical et production d'une couche subéreuse.

SECONDE PARTIE

CHAPITRE PREMIER.

Clematis integrifolia L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. **Axe hypocotylé.** — Long d'environ 1 centimètre (fig. 95). Le Tf^{ri} en face des deux pôles ligneux est formé d'éléments sclérifiés (fig. 96). Le contact entre les faisceaux cotylédonaires, les faisceaux foliaires et les faisceaux réparateurs, d'une part, et le faisceau bipolaire de la racine, d'autre part, se fait comme dans le *C. vitalba*.

2. **Cotylédons.** — Ils sont épigés. Le pétiole et le limbe mesurent chacun plus d'un centimètre (fig. 95). Chaque cotylédon reçoit trois faisceaux; le médian est formé, comme dans le *C. vitalba*, de deux faisceaux sortis de l'axe hypocotylé avec les pôles centripètes; les latéraux se détachent des faisceaux M^1 et M' (fig. 97 et 99). Le limbe cotylédonaire est parcouru par sept nervures. Histologie comme dans le *C. vitalba*.

3. **Tige principale.** — Quatre faisceaux; section carrée. Au point de vue histologique, rien de particulier.

La figure 99 montre le parcours dans la tige et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Les feuilles de la première paire sont écailleuses (fig. 95); elles ne reçoivent qu'un faisceau. L'entre-nœud 1 est presque nul. Les feuilles de la deuxième paire sont peu développées et d'inégale grandeur; la plus petite, qui est la plus ancienne, ne reçoit qu'un faisceau; la plus grande en reçoit trois. Les feuilles suivantes sont entières, ovales-lancéolées, sessiles, toutes à peu près égales; elles reçoivent trois faisceaux (fig. 99).

Histologie comme dans le *C. vitalba*. L'histogenèse permet de déceler l'existence d'une assise moyenne dans le mésophylle des feuilles jeunes. C'est dans l'épaisseur de cette assise moyenne qui s'arrête à quelque distance des bords du limbe, que les nervures prennent naissance par le recloisonnement d'une cellule. Cette genèse est bien évidente, notamment pour les faisceaux latéraux dans la figure 98 qui représente la section transversale du limbe de la *fe* II provenant d'une plantule au début de la germination.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire; endoderme mieux caractérisé que dans le *C. vitalba*.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

Structure. — Six gros faisceaux et six petits; leur parcours dans la tige et leur sortie dans les feuilles sont absolument les mêmes que dans le *C. vitalba* (fig. 100).

Histologie. — Le tissu fondamental externe est collenchymateux sur toute la circonférence de la tige; il l'est toutefois beaucoup plus sous les côtes que dans les sillons.

La gaine de sclérenchyme est formée de massifs de fibres extérieures au liber reliés entre eux par des cellules sclérifiées interfasciculaires que l'on reconnait à leur diamètre plus grand et aux méats qu'elles laissent entre elles (fig. 101). Les rayons médullaires sont sclérifiés.

CHAPITRE II.

Clematis viticella L.

§ 1. LES PLANTULES.

Des graines d'une même provenance ont été semées dans un pot en mars 1893. Quelques-unes ont germé après quelques mois; les autres seulement après un an. Deux plantules ont été étudiées : l'une, A (fig. 102), choisie parmi les germinations tardives, l'autre, B, parmi les germinations hâtives.

L'individu A semble avoir pris, au sein de l'albumen, un grand développement avant de sortir de la graine : il montre, en effet, six faisceaux dans l'entre-nœud [1] et trois faisceaux à chaque feuille de la première paire. L'individu B semble avoir pris, au contraire, un développement moins grand avant de sortir : il contient seulement quatre faisceaux dans l'entre-nœud [1] et un faisceau pour chaque feuille de la première paire. Il est à remarquer que dans le *C. viticella* les cotylédons sont hypogés. L'utilisation de l'albumen a pu se faire presque entièrement avant la sortie et la différenciation de l'embryon pour l'individu A, tandis qu'elle a pu se faire, en majeure partie, après la sortie de l'embryon et sa différenciation pour l'individu B. En d'autres termes, A aurait utilisé presque toutes les réserves de l'albumen avant de se différencier, comme dans le cas d'une graine exalbuminée, et B se serait différencié avant d'avoir absorbé tout l'albumen.

1. Axe hypocotylé. — Il ne mesure qu'un millimètre de longueur (fig. 102).

Histologie comme dans le *C. integrifolia*. Rien de particulier dans la région du contact.

2. Cotylédons hypogés. — Chaque cotylédon reçoit trois faisceaux (L, M, L) comme dans le *C. integrifolia* (voy. la figure 106, qui est le schéma du nœud cotylédonaire de la plantule B).

3. Tige principale. — Quatre, cinq ou six faisceaux. Une couche subéreuse à l'extérieur du liber mou. Rayons médullaires sclérifiés.

4. Feuilles. — Celles des deux premières paires sont très petites, plus ou moins cachées sous le sol. Les autres sont ovales-lancéolées, entières.

Histologie comme dans le *C. vitalba.*

Les figures 103 et 105 montrent respectivement le parcours dans la tige principale des plantules A et B.

5. Racine principale. — Comme dans le *C. integrifolia.*

PLANTULE ANOMALE.

Dans une autre plantule, les cotylédons et les feuilles étaient verticillés par [3] (fig. 107).

1. Axe hypocotylé. — Faisceau tripolaire.

2. Cotylédons. — Chacun des trois cotylédons reçoit un faisceau médian formé par la réunion de deux branches, et deux faisceaux latéraux comme dans les plantules normales (fig. 108 à comparer à la fig. 106 ; voyez aussi fig. 109). Les pôles ligneux centripètes de la racine sont entrainés avec le faisceau médian dans le pétiole du cotylédon.

3. Tige principale. — La figure 109 représente le parcours des faisceaux dans la tige et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Elles sont courtes à tous les nœuds ; celles du deuxième nœud sont inégales. Comme les cotylédons, les feuilles reçoivent trois faisceaux. Dans chaque feuille, trois nervures seulement. Mésophylle homogène ; quelques cellules collenchymateuses autour des faisceaux.

5. Racine principale. — Faisceau tripolaire.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

La tige du *C. viticella* est identique à celle du *C. integrifolia* au point de vue du nombre et du parcours des faisceaux, ainsi qu'au point de vue de l'histologie. On remarque seulement que le collenchyme est très peu abondant dans les sillons.

CHAPITRE III.

Clematis flammula L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. Axe hypocotylé. — Il mesure 4 à 5 millimètres de longueur (fig. 110). Histologie comme dans le *C. integrifolia*. La région du contact ne présente rien de particulier; nous représentons toutefois (fig. 114) une coupe très démonstrative faite à la base du nœud cotylédonaire : elle peut facilement être comparée à celle pratiquée au même endroit dans le *C. vitalba* (fig. 18).

2. Cotylédons. — Ordinairement épigés, les cotylédons restent parfois emprisonnés dans le spermoderme et sont alors hypogés.

Le pétiole cotylédonaire est long de près de 1 centimètre; le limbe, de 5 millimètres. Chaque cotylédon ne reçoit qu'un seul faisceau formé par la réunion de deux branches qui entraînent avec elles les trachées du bois centripète de l'axe hypocotylé. Cette organisation est identique à celle du *C. vitalba*.

Le limbe est parcouru par trois nervures. Histologie comme dans le *C. vitalba*.

3. Tige principale. — Les entre-nœuds sont longs, grêles et rigides. Quatre faisceaux. Histologie comme dans les espèces précédentes.

La figure 111 montre le parcours des faisceaux dans la tige principale et leur sortie dans les feuilles.

4. Feuilles. — Les feuilles de la première paire sont écailleuses; elles ne reçoivent qu'un faisceau. Les feuilles suivantes, ovales, entières, sont également développées et insérées au même niveau; elles reçoivent trois faisceaux. Histologie comme dans le *C. vitalba*.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

STRUCTURE. — Six gros faisceaux, six moyens et de trois à douze petits (fig. 112). Les six gros seuls sont en rapport avec les feuilles. Les autres, comme les six petits faisceaux des espèces précédentes, apparaissent plus ou moins tardivement et se rattachent aux faisceaux réparateurs (fig. 113). Histologie comme dans le *C. integrifolia* et le *C. viticella*.

Remarque. La tige du *C. heraclæfolia* que je n'ai pu étudier qu'à l'état adulte est identique à celle du *C. flammula*.

CHAPITRE IV.

Clematis recta L.

§ 1. LES PLANTULES.

Extérieurement, les plantules du *C. recta* sont à peu près identiques à celles du *C. flammula*.

1. Axe hypocotylé. — Long d'environ 2 millimètres, il ne présente rien de particulier au point de vue de l'histologie, ni dans la région du contact.

2. Cotylédons. — Les cotylédons des deux plantules étudiées étaient emprisonnés dans le spermoderme et hypogés ([1]). Ils reçoivent un seul faisceau formé de deux branches et présentent la même structure que ceux du *C. vitalba*.

3. Tige principale. — Parcours et histologie comme dans le *C. flammula*.

4. Feuilles. — Comme dans le *C. flammula*.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire.

([1]) M. Lubbock, dans son ouvrage sur la vie des plantes, décrit les cotylédons du *C. recta* comme hypogés. Irmisch (*Zur Naturgeschichte von* Melitis Melissophylum [Bot. Zeitung, 6. August 1858]) a observé que les cotylédons épais et ordinairement épigés du *C. recta* et du *C. corymbosa* restent parfois sous terre.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

Structure. — Ressemble beaucoup à celle du *C. flammula*. Vingt-deux faisceaux : six gros, quatre moyens et douze petits. Les six gros seuls sont en rapport avec les feuilles. Les faisceaux moyens se trouvent à droite et à gauche du faisceau médian de chaque feuille (fig. 115).

4

CHAPITRE V.

Atragene alpina L.

§ 1. LES PLANTULES.

1. Axe hypocotylé. — Des coupes successives dans sa partie supérieure confirment ce qui a été constaté dans les espèces précédentes. Histologie comme dans la racine principale (voir plus loin).

2. Cotylédons épigés. — Leur pétiole mesure 10 millimètres et leur limbe 15 millimètres. Chaque cotylédon ne reçoit qu'un seul faisceau qui, dans le pétiole, se divise en trois, puis en cinq faisceaux par suite de deux trifurcations successives. Histologie comme dans le *C. vitalba*.

3. Tige principale. — Elle reste très courte durant la première année et se termine, à la fin de l'été, par un bourgeon protégé par des feuilles pérulaires (fig. 118). Le parcours des faisceaux est représenté par la figure 120. On remarquera qu'il y a quatre faisceaux réparateurs (A, B, C, D) très apparents, et que les faisceaux foliaires (médians et latéraux) se détachent à droite et à gauche de ces réparateurs.

4. Feuilles. — Les feuilles des deux premières paires sont inégalement développées. Au premier nœud, la feuille la plus ancienne (*fe* [1]) est un peu plus petite et simplement crénelée; l'autre (*fe*[1]) est trilobée (fig. 118). Les feuilles du deuxième nœud sont trilobées (fig. 116). A partir du troisième nœud, les feuilles de chaque paire sont égales et trifoliolées. Les feuilles pérulaires du bourgeon terminal ont un limbe rudimentaire, poilu; la portion inférieure est longue et élargie (fig. 119).

L'étude du parcours et de la vernation, dans des plantules suffisamment jeunes, démontre que les feuilles de chaque paire naissent à des niveaux différents et qu'à chaque nœud les feuilles les plus anciennes (*fe* ^{1}, ^{2}, ^{3}, ^{4}) sont toutes rejetées d'un côté et les feuilles les plus jeunes (*fe* ^{I}, ^{II}, ^{III}, ^{IV}), de l'autre. Il en résulte que les premiers appendices de la tige principale sont disposés dans un ordre distique presque régulier (fig. 117). Ce n'est qu'à partir du cinquième ou sixième nœud que les feuilles s'attachent au même niveau et sont distinctement opposées-décussées. Comme le *C. vitalba*, l'*Atragene alpina* dérive d'ancêtres à feuilles alternes.

Rien de particulier au point de vue histologique.

5. Racine principale. — Faisceau bipolaire; endoderme recloisonné radialement; parenchyme cortical mortifié (fig. 121). Des deux couches de cellules que le péricycle présente en face des pôles ligneux, l'interne est destinée à compléter la zone génératrice circulaire en formant deux arcs interlibériens; ceux-ci fonctionnent, non comme un cambium, ainsi que cela a lieu chez le *C. vitalba* (fig. 28 et 39, pl. XVIII et XIX), mais comme du cambiforme, c'est-à-dire qu'ils donnent naissance à du tissu fondamental secondaire interne et à du tissu fondamental secondaire externe, tous deux formés de cellules à parois minces (fig. 121).

Dans les racines âgées, il se forme un suber exfoliateur à l'extérieur du liber.

§ 2. TIGE DE LA PLANTE ADULTE.

La tige étudiée mesurait 33 centimètres de long et présentait neuf nœuds visibles extérieurement. A sa base (fig. 122), on distinguait trois paires de feuilles pérulaires petites, ovales. Une coupe transversale dans un bourgeon non encore développé montre ces trois paires de pérules en même temps que trois paires de jeunes feuilles et la tige au stade méristématique (fig. 123). Sur une coupe transversale dans une feuille pérulaire (fig. 124), on voit, outre le faisceau, un parenchyme composé de cellules à parois très épaisses et un épiderme à cellules aplaties à parois également épaissies (exemple remarquable d'adaptation de la feuille à la fonction purement protectrice des pérules).

Parcours. — Les deux faisceaux que la tige reçoit de la tige-mère se trifurquent bientôt comme dans le *C. vitalba* (fig. 125). Entre les six faisceaux ainsi formés, en apparaissent d'autres plus petits, en nombre variable, que l'on ne retrouve plus au-dessus du quatrième nœud.

Des six faisceaux principaux se détachent *latéralement* les foliaires médians et latéraux destinés aux trois premières paires de feuilles, c'est-à-dire aux feuilles pérulaires. A partir du quatrième segment, au contraire, les entre-nœuds contiennent six gros faisceaux qui, en se ramifiant dans les nœuds, donnent naissance aux foliaires : le parcours est dès lors identique à celui du *C. vitalba*.

Histologie. — Sur une coupe transversale dans une tige d'un an, on voit (fig. 126 et 127) autour d'une grande lacune centrale :

1° Les restes du tissu fondamental primaire interne;

2° Le bois primaire et le bois secondaire;

3° Le tissu fondamental interfasciculaire non sclérifié; en d'autres termes, les rayons médullaires sont parenchymateux;

4° Une zone génératrice continue fonctionnant en certains points comme cambium, en d'autres comme cambiforme;

5° Contre le liber, un suber exfoliateur;

6° Une gaine de sclérenchyme constituée par des fibres sans méats en face des faisceaux et par des fibres un peu plus larges avec méats dans l'intervalle entre les faisceaux;

7° Le tissu fondamental primaire externe avec collenchyme sous les côtes.

Dans une tige plus âgée, le liber primaire est écrasé; le suber exfolie la gaine de sclérenchyme en même temps que le tissu fondamental externe mortifié.

RÉSUMÉ DE LA SECONDE PARTIE.

I. Clematis integrifolia L.

Plantules. — Dans la racine, l'endoderme, mieux caractérisé que dans le *C. vitalba,* montre les plissements des membranes radiales. Les cotylédons reçoivent chacun trois faisceaux (LML). Les feuilles de la première paire sont écailleuses et l'entre-nœud 1 presque nul. Le parcours des faisceaux est beaucoup plus simple, plus régulier, que dans les plantules du *C. vitalba.*

Tige de la plante adulte. — Gaine de sclérenchyme formée de portions intrafasciculaires sans méats et de portions interfasciculaires méatiques. Rayons médullaires sclérifiés. Même parcours que dans le *C. vitalba.*

II. Clematis viticella L.

Plantules. — Comme dans le *C. integrifolia,* sauf que les cotylédons sont hypogés.

Dans une des plantules étudiées, les cotylédons et les feuilles sont verticillés par trois. Le faisceau libéro-ligneux de la racine est tripolaire. Tous les appendices reçoivent trois faisceaux et le parcours est régulier.

Tige de la plante adulte. — Comme dans le *C. integrifolia.*

III. Clematis flammula L.

Plantules. — Comme dans les deux espèces précédentes, sauf que l'endoderme de la racine est sans plissements et que les cotylédons ne reçoivent qu'un faisceau.

Tige de la plante adulte. — Comme dans les espèces précédentes, sauf que les faisceaux intercalaires sont plus nombreux : il y en a dix-huit, dont six plus gros que les autres.

IV. Clematis recta L.

Plantules. — Comme dans le *C. flammula.*

Tige de la plante adulte. — Vingt-deux faisceaux : six gros, quatre moyens et douze petits.

V. Atragene alpina L.

Plantules. — Les cotylédons ne reçoivent qu'un faisceau. La tige principale est très courte. Comme dans le *C. vitalba,* les feuilles des premières paires sont de grandeur différente et ne s'insèrent pas au même niveau. Les *fe* ^{1}, ^{2}, ^{3}, ... sont rejetées d'un côté; les *fe* ^{I}, ^{II}, ^{III}, ... de l'autre, disposition qui se rapproche de la disposition distique et démontre que l'*Atragene alpina,* comme le *C. vitalba,* dérive d'ancêtres à feuilles alternes.

Dans la racine principale et l'axe hypocotylé, il existe un cambiforme qui se différencie en tissu fondamental secondaire interne et en tissu fondamental secondaire externe.

Tige de la plante adulte. — Six faisceaux ayant le même parcours que les six gros faisceaux du *C. vitalba.* Gaine de sclérenchyme; rayons médullaires parenchymateux.

L'adaptation à la vie alpine se manifeste par la transformation de certaines feuilles en écailles pérulaires qui protègent, pendant l'hiver, le bourgeon terminal de la tige principale et tous les bourgeons de la plante adulte.

ABRÉVIATIONS.

A. h.	Axe hypocotylé.
Ass. pil.	Assise pilifère.
B^1.	Bois primaire.
B^2.	Bois secondaire.
Bg.	Bourgeon.
Cb.	Cambium.
Cbf	Cambiforme.
Coll.	Collenchyme.
cot.	Cotylédon antérieur.
COT.	Cotylédon postérieur.
Cf.	Coiffe.
End.	Endoderme.
Ép.	Épiderme.
ext.	externe.
faisc. cot.	Faisceau cotylédonaire.
Fe.	Feuille.
int.	interne.
L.	Faisceau latéral.
L^1.	Liber primaire.
L^2.	Liber secondaire.
M.	Faisceau médian.
m.	Faisceau marginal.
M. p.	Méristème primitif.
n.	Nœud.
O.	Faisceau opposé.
Par. amyl.	Parenchyme amylifère
Par. cort.	Parenchyme cortical.
Pér.	Pérule.
Péric.	Péricycle.
Rc.	Racine.
R. p.	Racine principale.
Scl	Sclérenchyme.
Sub.	Suber.
t^1.	Trachée initiale.
t. C.	Trachée du faisceau cotylédonaire.
Tf^{2e}.	Tissu fondamental secondaire externe.
Tf^{2i}.	Tissu fondamental secondaire interne.
Tg.	Tige.
t. R.	Trachée du faisceau de la racine.

PLANCHES.

PLANCHE XV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XV.

CLEMATIS VITALBA L.

Embryon dans la graine.

Fig. 1. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 5).

Fig. 2. — Base des cotylédons et méristème de la tige (p. 6).

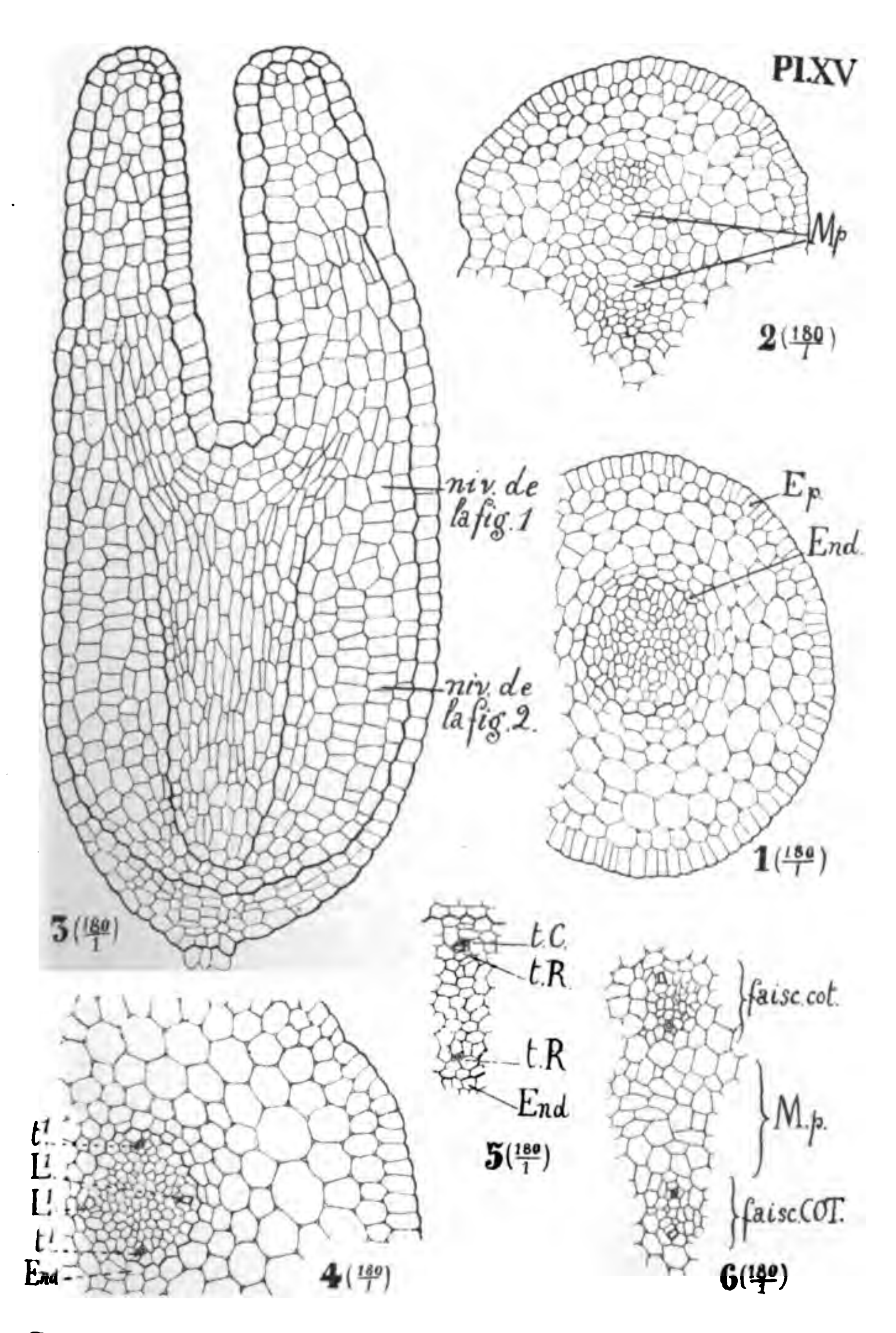
Fig. 3. — Coupe longitudinale de l'embryon suivant le plan principal de symétrie (p. 6).

Stade I de la germination.

Fig. 4. — Milieu de l'axe hypocotylé : différenciation des pôles libériens et des pôles ligneux (p. 7).

Fig. 5. — Région d'insertion des cotylédons du même : au pôle antérieur, contact de la trachée initiale du faisceau cotylédonaire (*t.* C.) avec la trachée initiale du faisceau de l'axe hypocotylé *t.* R. (p. 7).

Fig. 6. — Coupe du même à la base des cotylédons : différenciation libéro-ligneuse des faisceaux cotylédonaires à bois centrifuge (p. 7).



C. VITALBA. Fig. 1 à 3: Embryon dans la graine.
Fig. 4 à 6: Stade I de la germination.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XVI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade I (suite).

Fig. 7. — Coupe vers le milieu d'un cotylédon (p. 7).

Stade II.

Fig. 8. — Plantule au deuxième stade de la germination (p. 8).

Fig. 9. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 8).

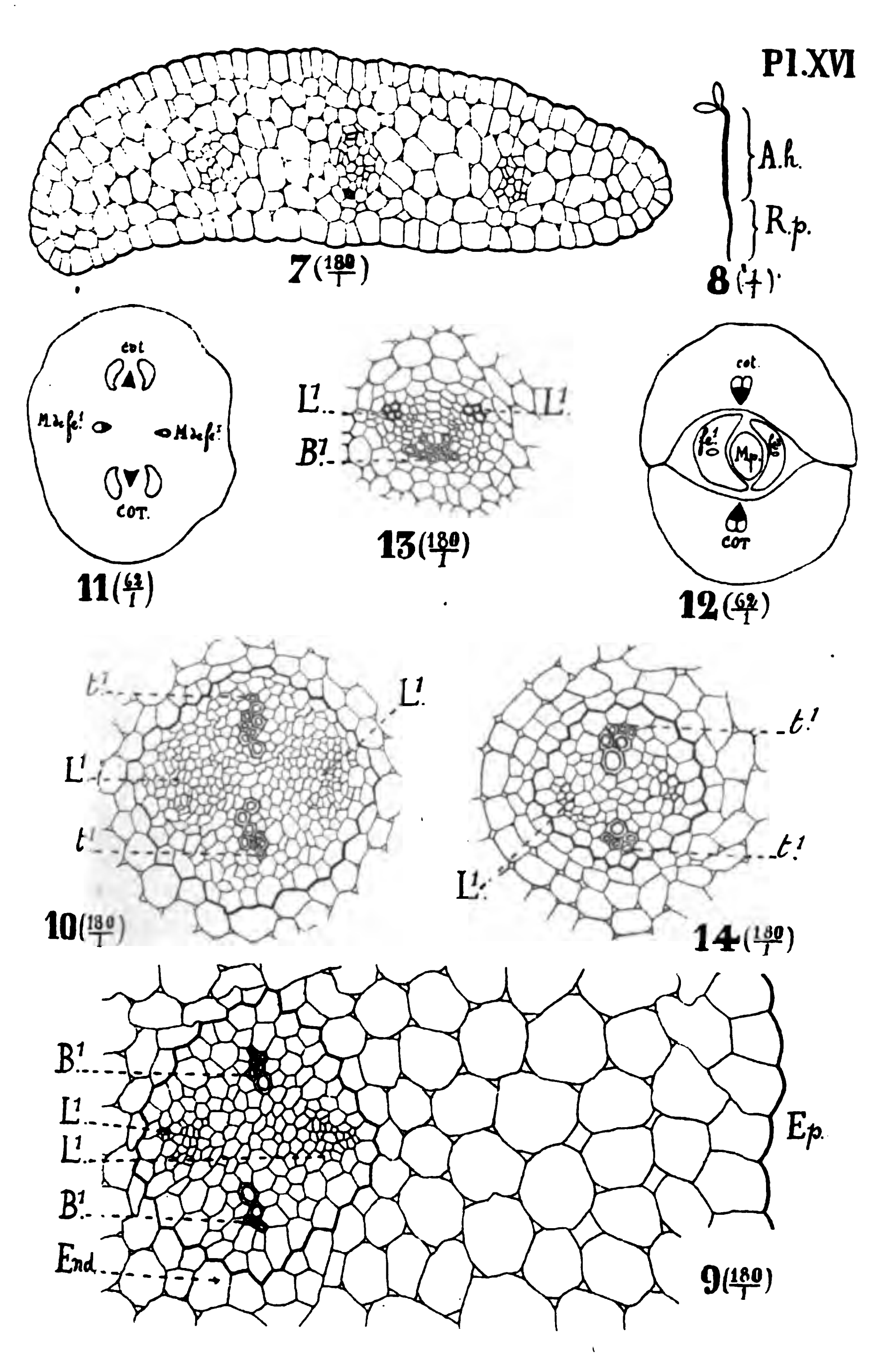
Fig. 10. — Région supérieure du même (p. 8).

Fig. 11. — Nœud cotylédonaire du même (p. 9).

Fig. 12. — Bourgeon terminal du même (p. 9).

Fig. 13. — Faisceau de l'un des cotylédons de la coupe précédente grossi davantage (p. 9).

Fig. 14. — Racine principale (p. 9).



C. VITALBA. Fig. 7: Stade I (suite).
Fig. 8 à 14: Stade II

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XVII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade III.

Fig. 15. — Plantule au troisième stade de la germination (p. 10).

Fig. 16. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 17. — Contact des faisceaux médians (à bois centrifuge) de la *fe* [1] et de la *fe* [1] avec le faisceau (à bois centripète) de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 18. — Contact des faisceaux cotylédonaires avec les pôles ligneux de l'axe hypocotylé (p. 10).

Fig. 19. — Ensemble au niveau de la sortie des faisceaux cotylédonaires (p. 11).

Fig. 20. — Ensemble au niveau du bourgeon terminal (p. 11).

Fig. 21. — Spire phyllotaxique passant par *cot.*, *fe* [1], *fe* [2] (p. 11).

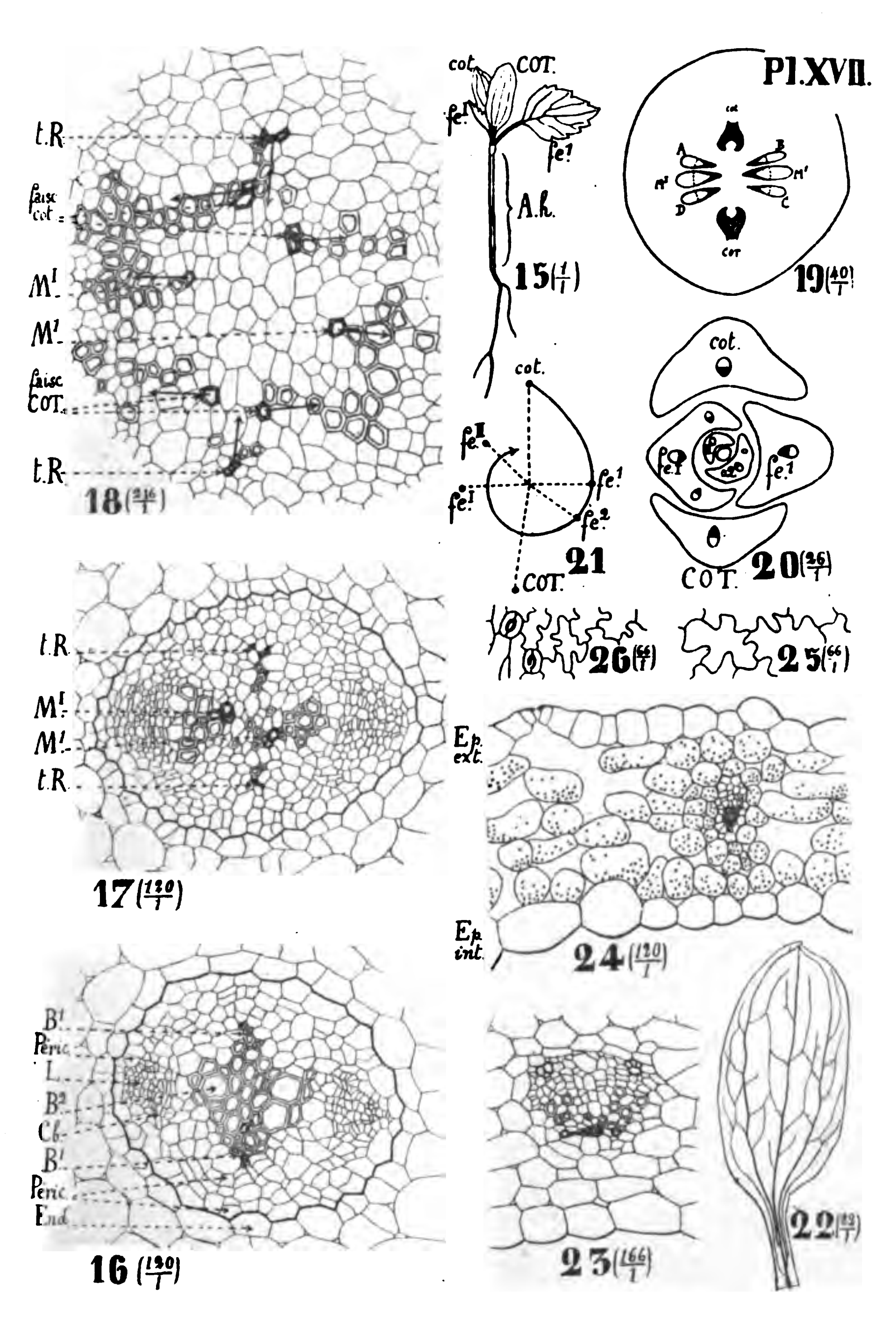
Fig. 22. — Cotylédon de la plantule de la figure 15 (p. 12).

Fig. 23. — Faisceau dans la région inférieure d'un pétiole cotylédonaire : bois centripète écrasé contre le bois centrifuge. Ce faisceau provient de la fusion de deux faisceaux dont les pôles libériens sont encore bien apparents (p. 12).

Fig. 24. — Milieu du limbe cotylédonaire (p. 12).

Fig. 25. — Épiderme interne (supérieur) du limbe cotylédonaire (p. 12).

Fig. 26. — Épiderme externe (inférieur) du même (p. 12).



C. VITALBA. Stade III

R Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XVIII.

PLANCHE XVIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVIII.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade IV.

Fig. 27. — Plantule au quatrième stade de la germination (p. 13).

Fig. 28. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 13).

Fig. 29. — Base du nœud cotylédonaire du même (p. 14).

Fig. 30. — Projection du premier nœud (*fe^{1}* et *fe^{I}*) (p. 14).

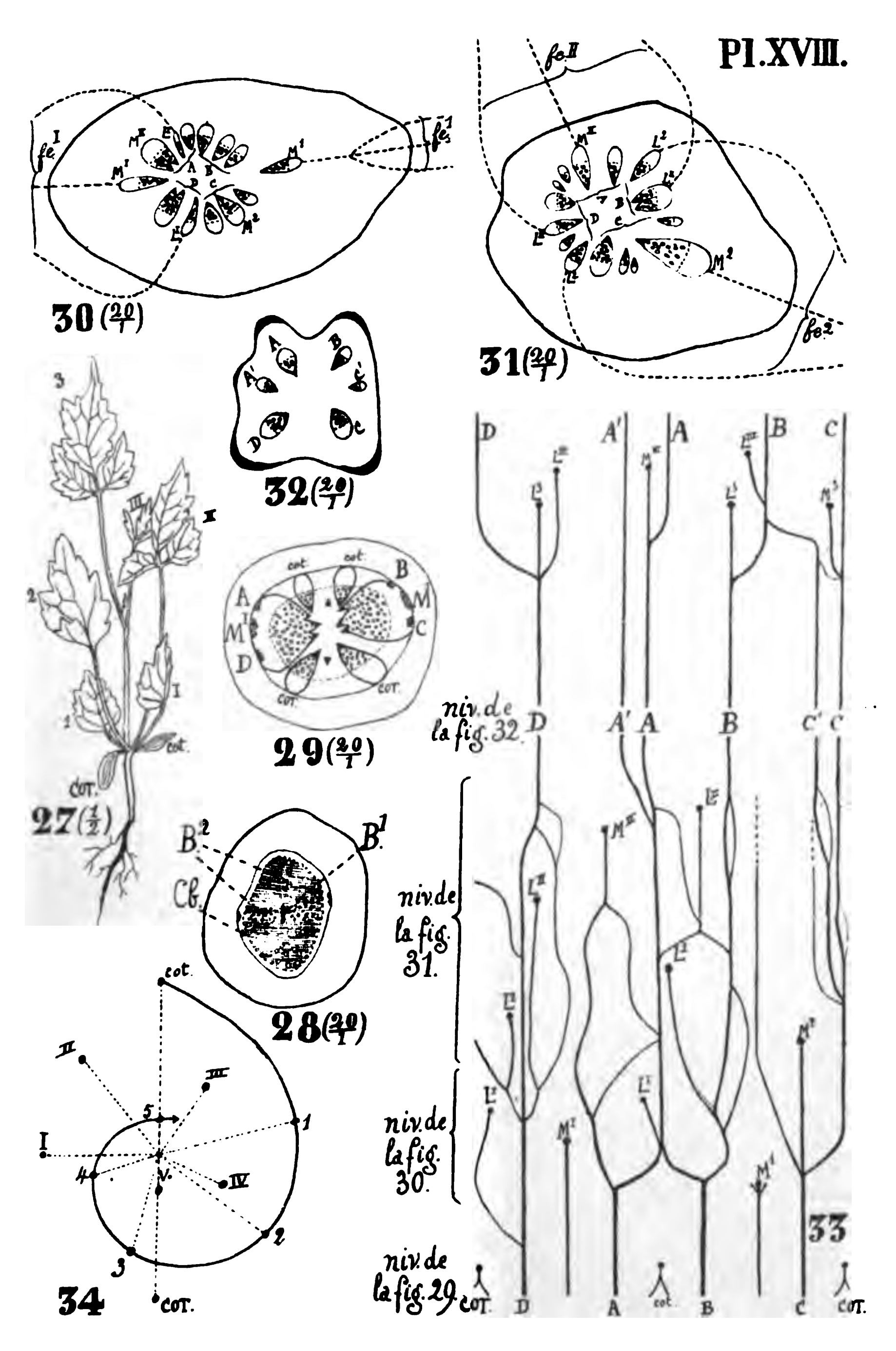
Fig. 31. — Projection du deuxième nœud (*fe^{2}* et *fe^{II}*) (p. 14).

Fig. 32. — Milieu de l'entre-nœud ^{3} (p. 14).

Fig. 33. — Parcours des faisceaux dans la tige de la plantule de la figure 27 (p. 14).

Fig. 34. — Spire phyllotaxique passant par *cot.*, *fe^{1}*, *fe^{2}*, *fe^{3}*, *fe^{4}*, *fe^{5}* (p. 14).

Pl. XVIII.



C. VITALBA. Stade IV

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XIX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade IV (suite).

Fig. 35. — Portion de la coupe au milieu de l'axe hypocotylé (p. 13).

Fig. 36. — Une trachéide au même niveau (p. 13).

Fig. 37. — Faisceau A au milieu du troisième entre-nœud de la tige principale (p. 15).

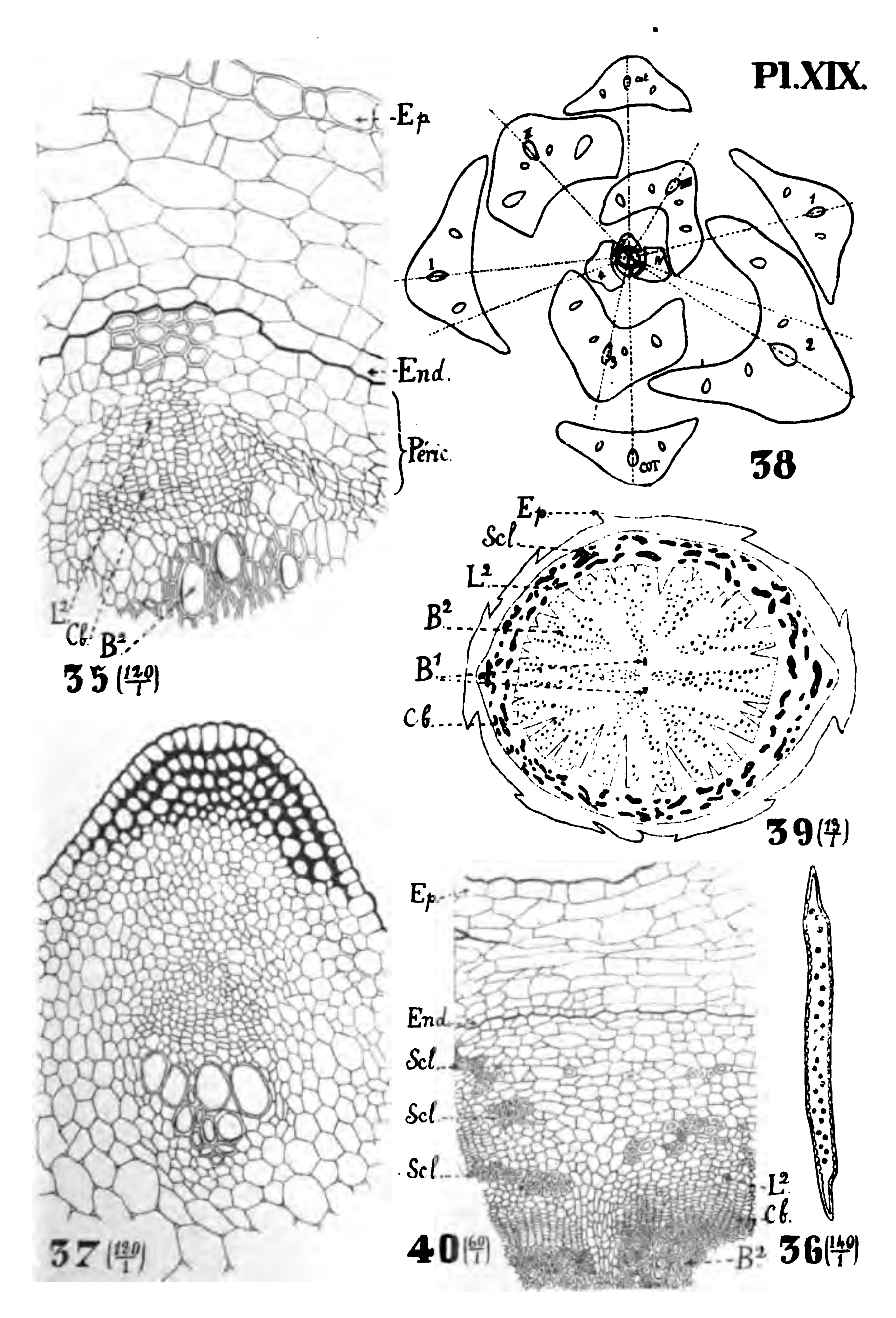
Fig. 38. — Projection des appendices (p. 15).

Stade V.

Fig. 39. — Milieu de l'axe hypocotylé (p. 17).

Fig. 40. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 17).

Pl.XIX.



C. VITALBA. Fig. 35 à 38: Stade IV (suite)

Fig. 39 et 40: Stade V

R. Sterckx ad nat. del.

PLANCHE XX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XX.

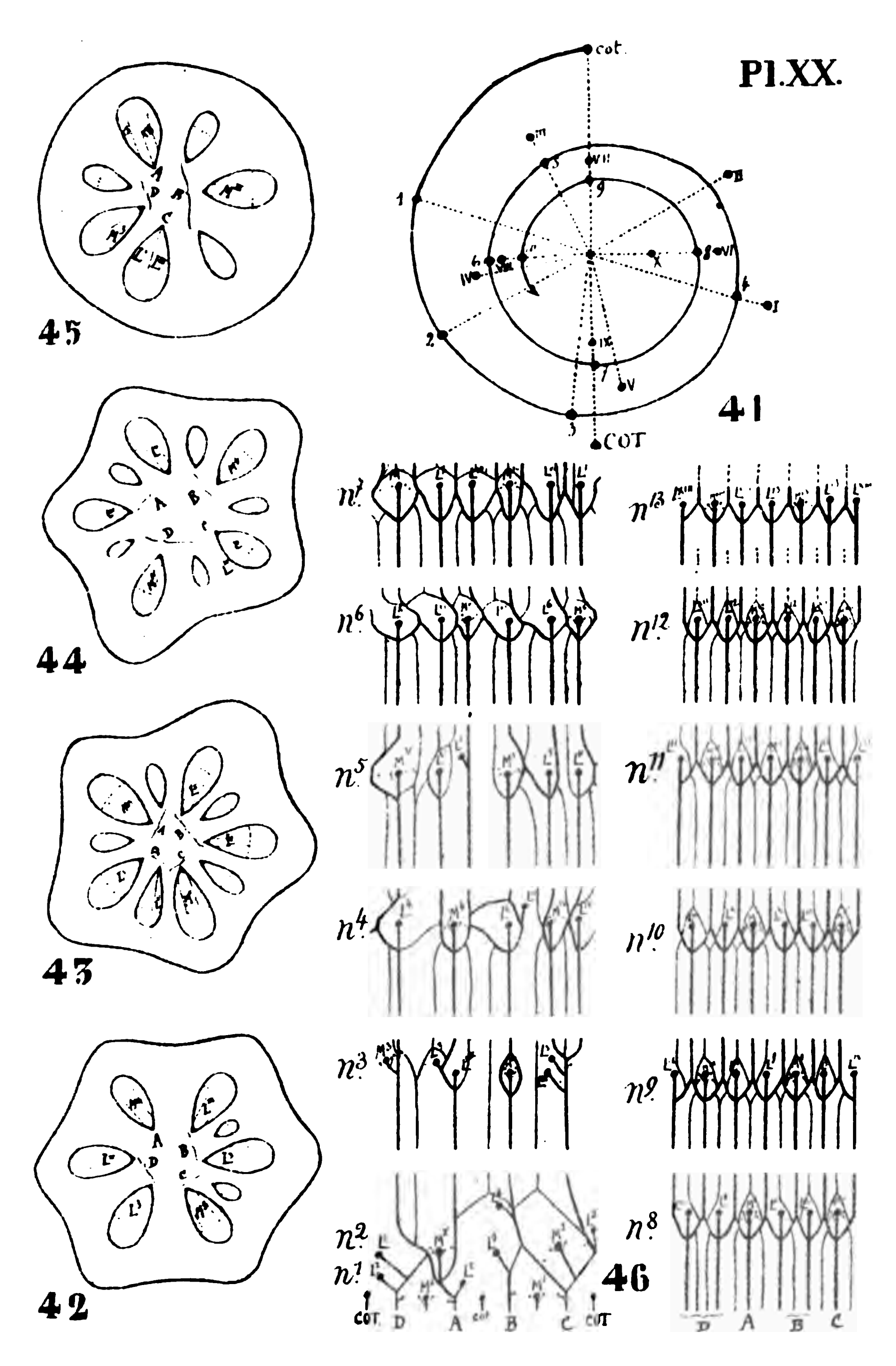
CLEMATIS VITALBA L.

Stade V (suite).

Fig. 41. — Spire phyllotaxique (p. 18).

Fig. 42 à 45. — Divers aspects de coupes pratiquées dans la première région de la tige principale, c'est-à-dire dans les six ou sept premiers segments (p. 19).

Fig. 46. — Parcours des faisceaux dans les treize segments de la tige principale étudiée au stade V (p. 19).



C. VITALBA. Stade V (suite).

R. Sterckx ad nat. del.

PLANCHE XXI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI.

CLEMATIS VITALBA L.

Stade V (suite).

Fig. 47. — Aspect de la coupe pratiquée dans la deuxième région de la tige principale, c'est-à-dire au delà du septième ou du huitième segment (p. 20).

Fig. 48. — Portion grossie de la coupe précédente (p. 20).

Fig. 49. — Fibres de l'anneau de sclérenchyme de la figure précédente (p. 20).

Fig. 50. — Un faisceau de la deuxième région de la tige principale dans une plantule âgée de trois mois seulement (p. 20).

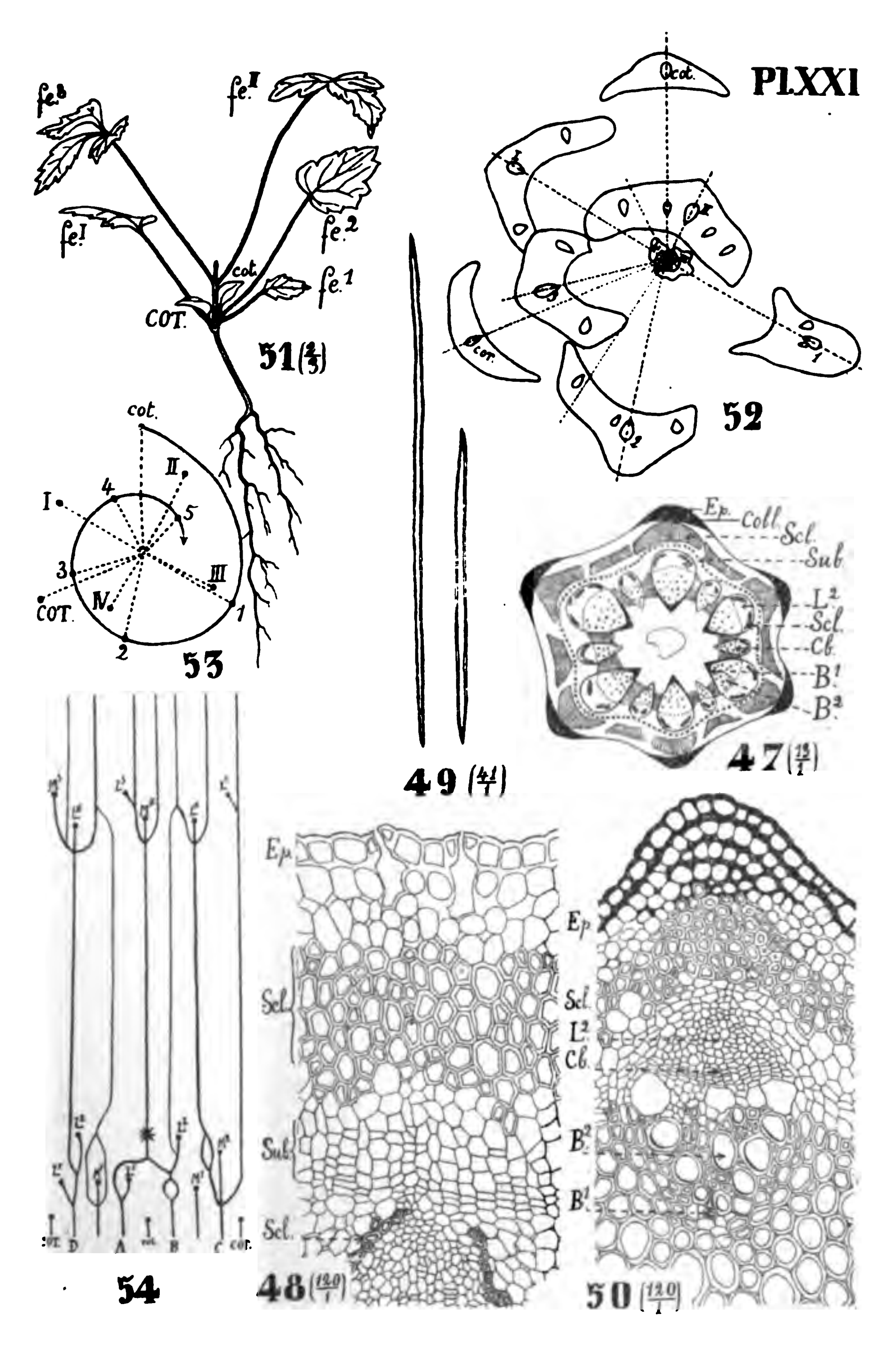
Plantule anomale (p. 21).

Fig. 51. — Aspect de la plantule.

Fig. 52. — Projection des appendices.

Fig. 53. — Spire phyllotaxique.

Fig. 54. — Parcours des faisceaux dans la tige principale.



C. VITALBA. Fig. 47 à 50: Stade V (suite).
Fig. 51 à 54: Plantule anomale.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXII.

CLEMATIS VITALBA L.

Plante adulte.

Fig. 55 à 60. — Développement des tissus dans le bourgeon terminal de la région à structure constante de la tige (p. 25).

Fig. 55. — Stade méristématique.

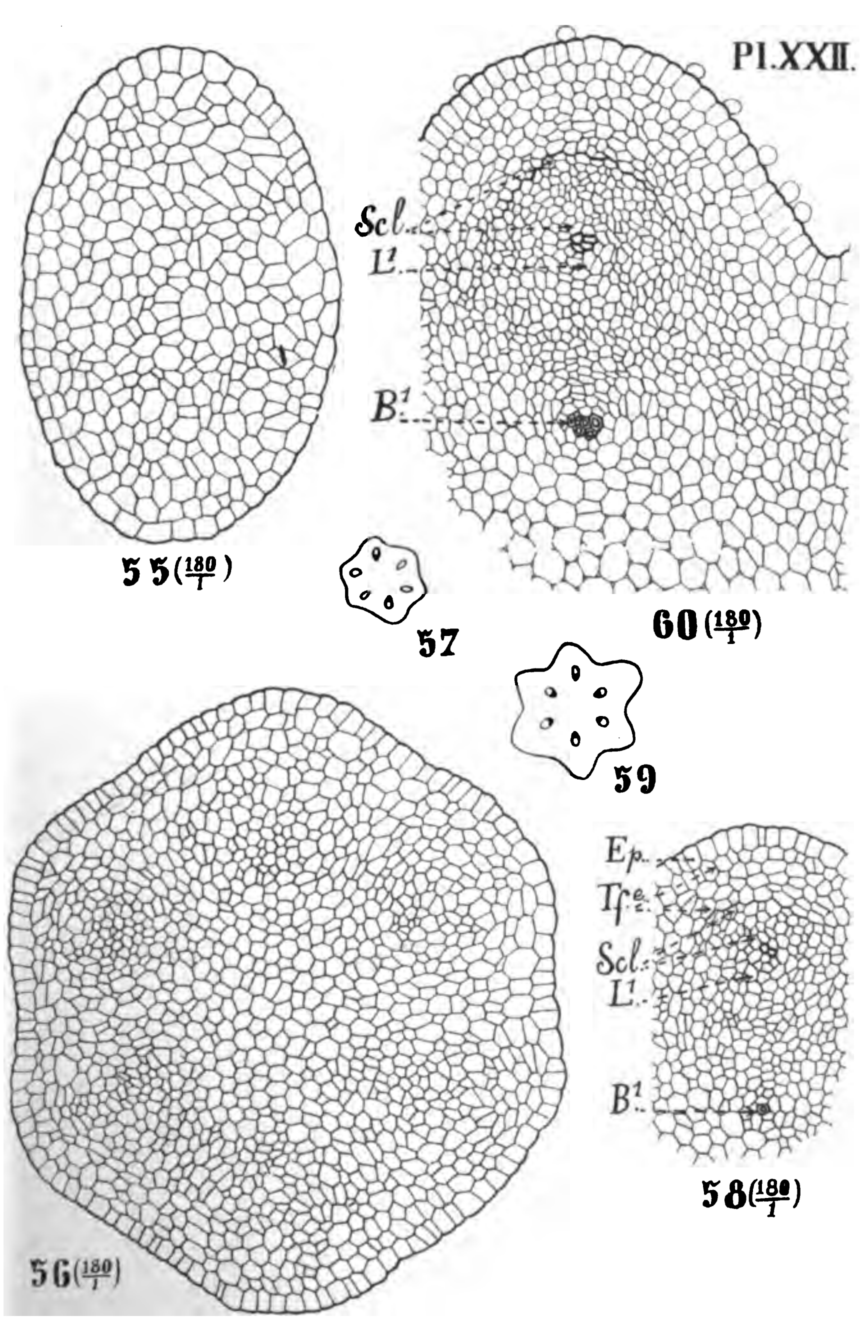
Fig. 56. — Stade procambial.

Fig. 57. — Différenciation des pôles ligneux et libériens.

Fig. 58. — L'un des faisceaux M de la coupe précédente.

Fig. 59. — Stade primaire.

Fig. 60. — L'un des faisceaux M de la coupe précédente.



C. VITALBA. Plante adulte.
Structure des tiges.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII.

CLEMATIS VITALBA L.

Plante adulte.

Fig. 61 à 63. — Suite du développement des tissus dans la région de la tige à structure constante.

Fig. 61. — Stade secondaire (p. 26).

Fig. 62. — Tige âgée de quatre ans (p. 27).

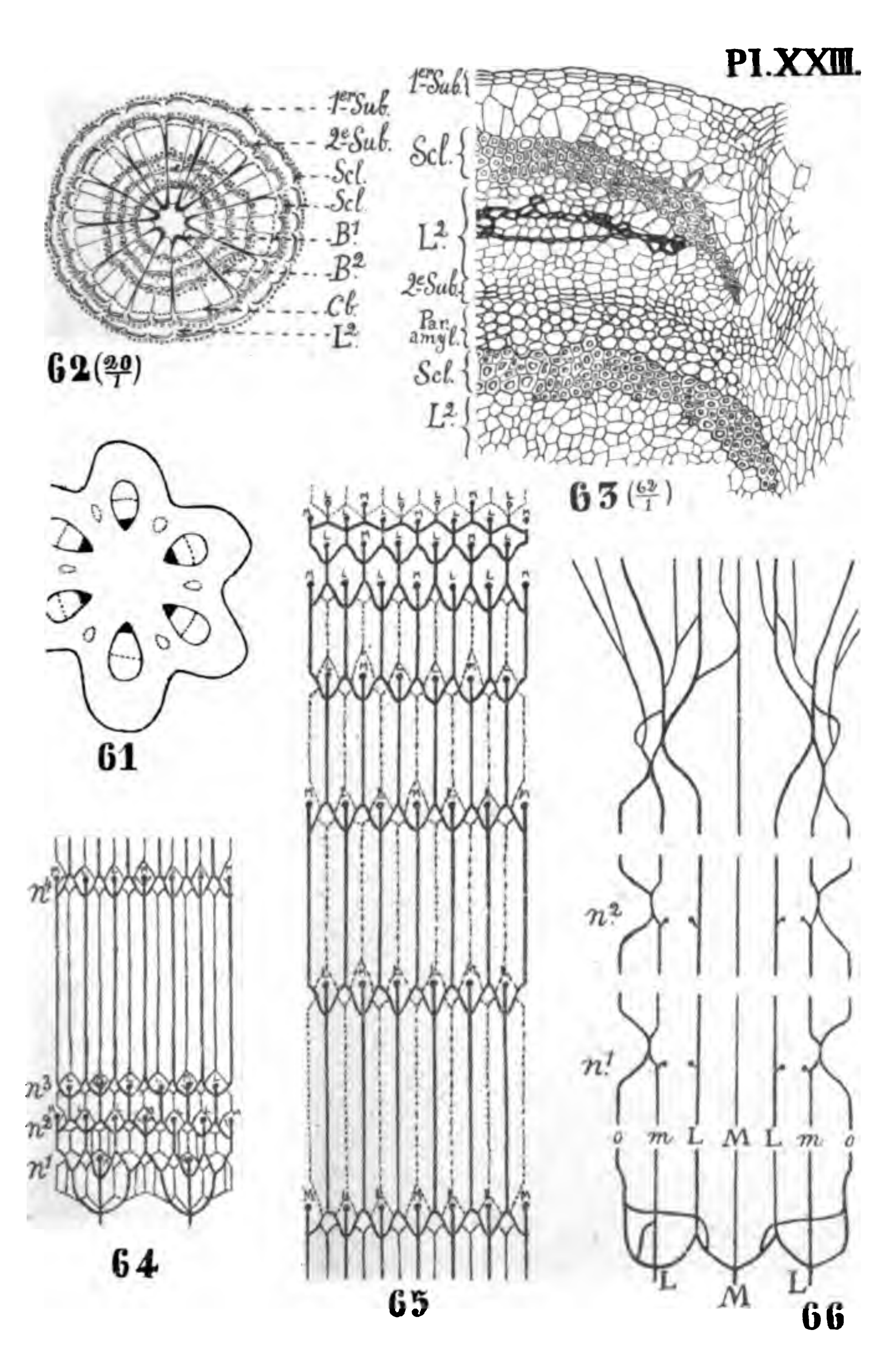
Fig. 63. — Portion périphérique de la coupe précédente (p. 27).

Fig. 64. — Parcours des faisceaux dans la région de la tige à structure variable (segments inférieurs) (p. 25).

Fig. 65. — Parcours des faisceaux dans la région à structure constante (p. 27).

Fig. 66. — Parcours des faisceaux dans le pétiole et le rachis primaire d'une feuille (p. 31).

Pl. XXIII.



C. VITALBA. Plante adulte.
Structure des tiges.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXIV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIV.

CLEMATIS VITALBA L.

Feuilles des plantules.

Fig. 67. — Feuille ^{1} de la tige principale au stade V (p. 22).

Fig. 68. — Feuille ^{3} de la même (p. 22).

Fig. 69. — Poils de l'épiderme interne (supérieur) de la fe^{1}.

Feuilles de la plante adulte.

Fig. 70. — Région inférieure d'une tige montrant les premières paires de feuilles rapprochées et peu développées; la spire phyllotaxique est senestre (pp. 23 et 30).

Fig. 71 et 72. — Fe^{1} et fe^{1} de la tige précédente (p. 30).

Fig. 73. — Région inférieure d'une tige analogue à celle de la figure 70, mais à spire phyllotaxique dextre (pp. 23 et 30).

Fig. 74 et 75. — Fe^{1} et fe^{1} de la tige précédente (p. 30).

Fig. 76. — Feuille de la région à structure constante de la tige adulte (p. 30).

Fig. 77. — Milieu de son pétiole (p. 31).

Fig. 78. — Premier nœud du rachis (p. 31).

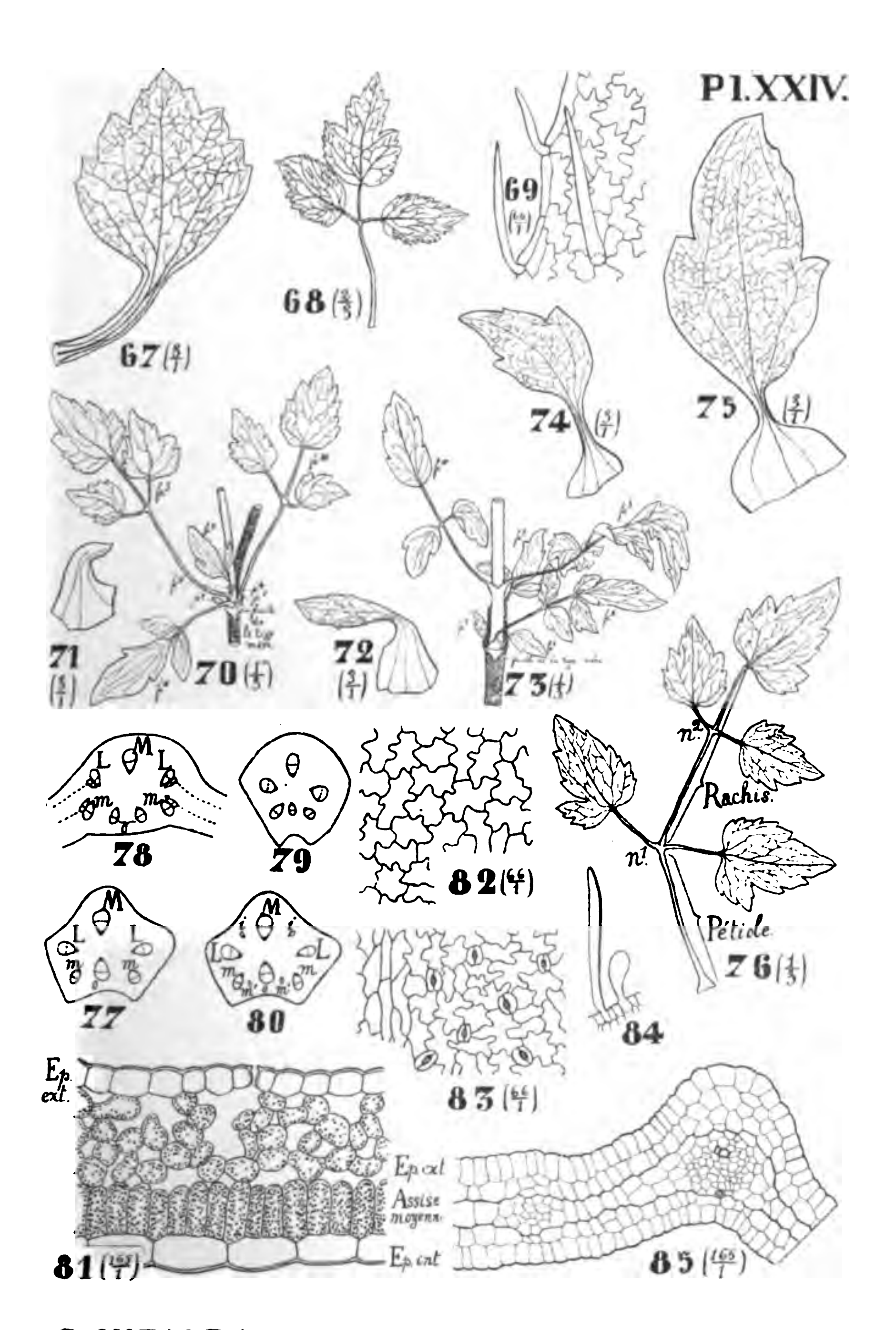
Fig. 79. — Milieu d'un pétiolule (p. 31).

Fig. 80. — Milieu du pétiole d'une feuille exceptionnellement vigoureuse (p. 31).

Fig. 81. — Coupe transversale du limbe de la feuille figure 76 (p. 32).

Fig. 82 à 84. — Épiderme interne (supérieur), épiderme externe (inférieur) et poils du même (p. 32).

Fig. 85. — Coupe transversale du limbe d'une feuille encore jeune : les nervures se forment au sein de l'assise moyenne du mésophylle primitivement formé de trois assises (p. 32) ; à comparer à la figure 81.



C. VITALBA. Feuilles

Fig. 67 à 69: des Plantules.

Fig. 70 à 85: de la plante adulte.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXV.

CLEMATIS VITALBA L.

Racines de la plante adulte.

Fig. 86 à 89. — Développement des tissus au sommet d'une racine (p. 33).

Fig. 86. — Stade procambial.

Fig. 87. — Stade de la différenciation des trois pôles libériens et des trois pôles ligneux.

Fig. 88. — Apparition des zones cambiales dans un faisceau bipolaire.

Fig. 89. — Section longitudinale dans le sommet végétatif d'une racine (p. 33).

Fig. 90 à 92. — Racine d'un an (p. 34).

Fig. 90. — Ensemble de la coupe.

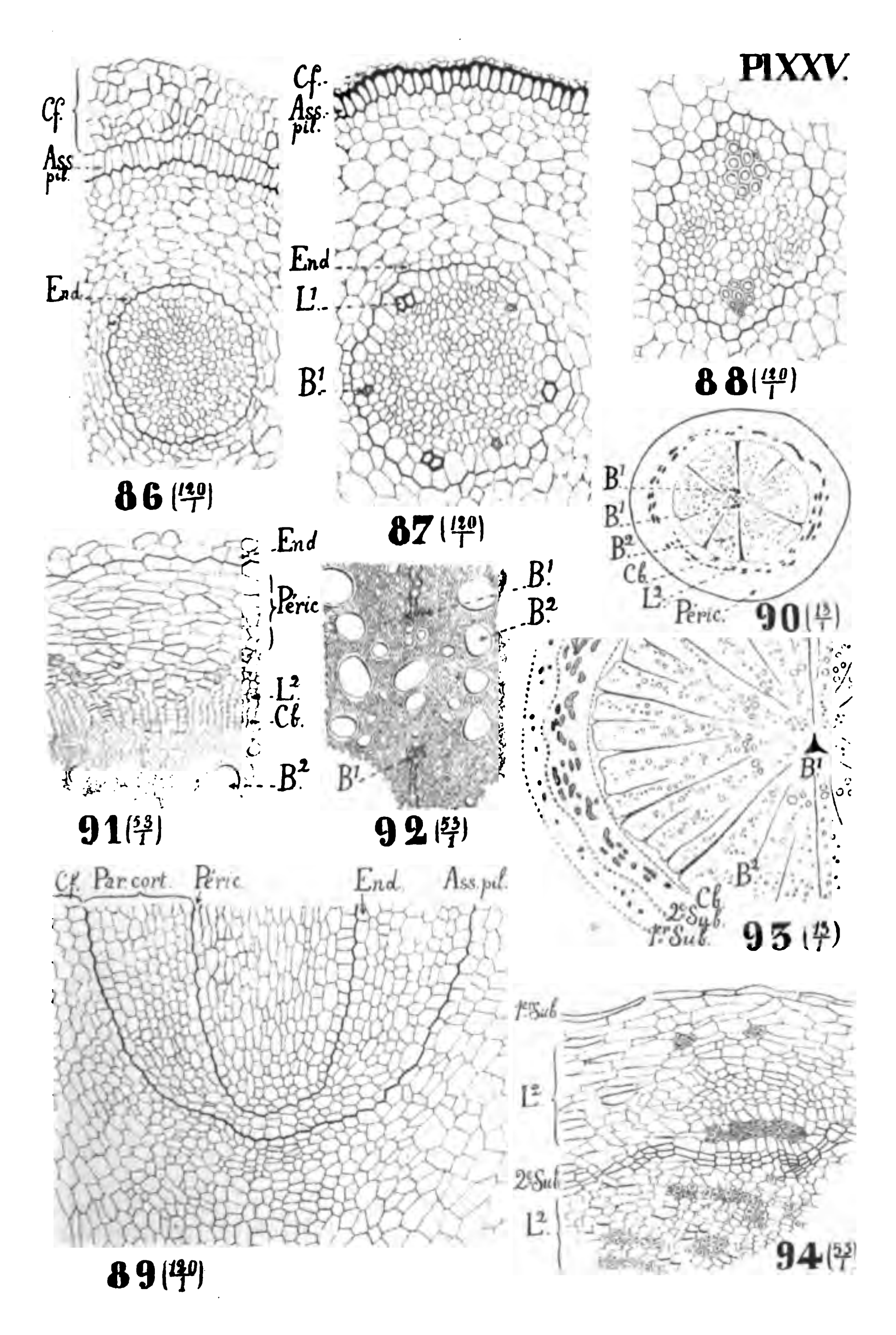
Fig. 91. — Portion périphérique.

Fig. 92. — Portion centrale.

Fig. 93 et 94. — Racine de deux ans (p. 34).

Fig. 93. — Ensemble de la coupe.

Fig. 94. — Portion périphérique.



C. VITALBA. Plante adulte.

Structure des racines.

R Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXVI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVI.

CLEMATIS INTEGRIFOLIA L.

Fig. 95. — Plantule (p. 40).

Fig. 96. — Milieu de l'axe hypocotylé de la plantule précédente (p. 40).

Fig. 97. — Nœud cotylédonaire de la même (p. 40).

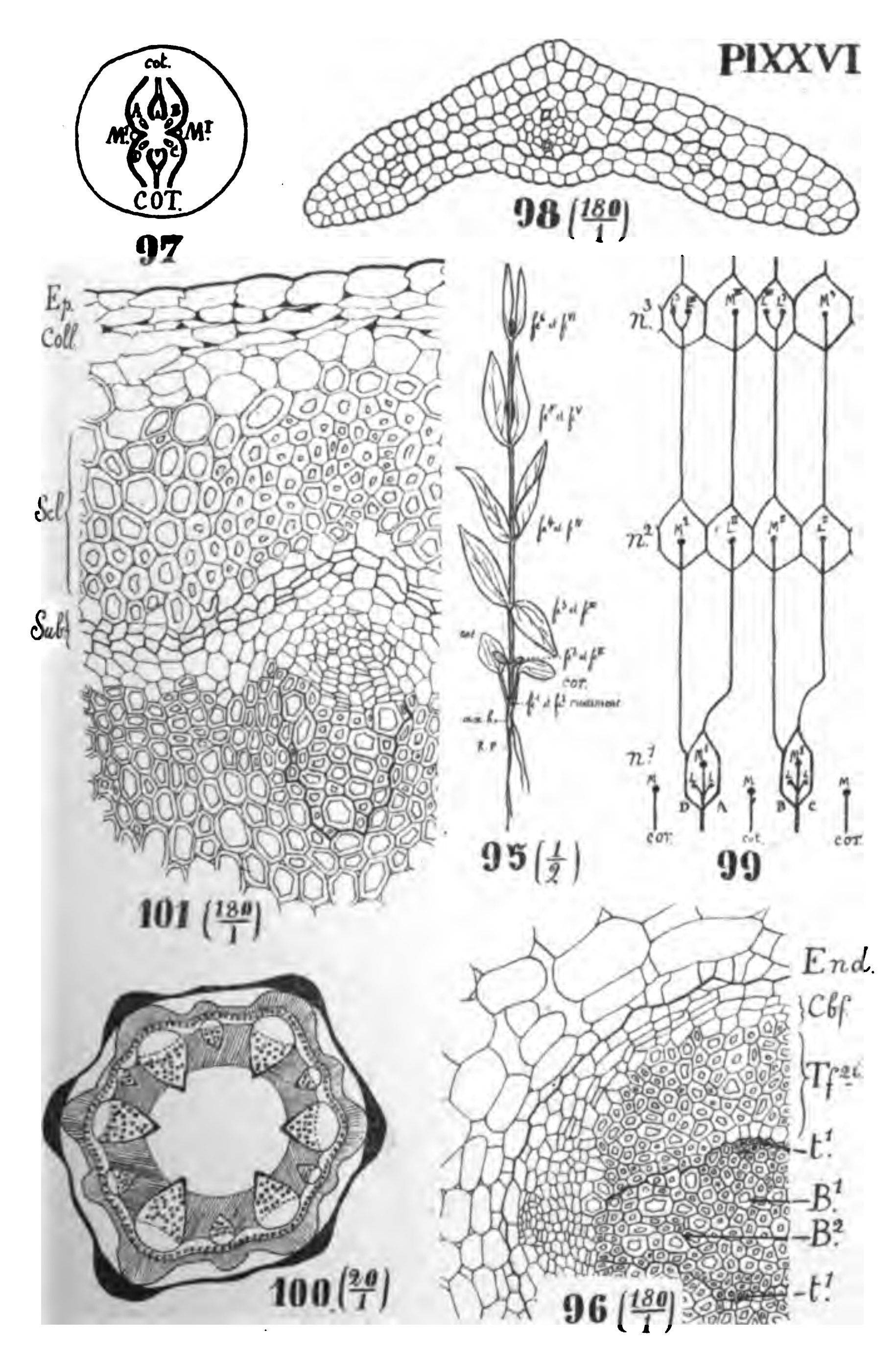
Fig. 98. — Section transversale du limbe de la *fe* 2, jeune encore, provenant d'une plantule beaucoup moins âgée que celle de la figure 95 (p. 41).

Fig. 99. — Parcours des faisceaux dans l'axe hypocotylé et la tige principale (pp. 40 et 41).

Fig. 100. — Entre-nœud d'une tige de la plante adulte (p. 42).

Fig. 101. — Portion grossie davantage de la coupe précédente (p. 42).

PlXXVI



CLEMATIS INTEGRIFOLIA.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXVII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVII.

CLEMATIS VITICELLA L.

Fig. 102. — Plantule A (germination tardive) (p. 43).

Fig. 103. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de cette plantule A (p. 44).

Fig. 104. — Schéma du nœud cotylédonaire de la même.

Fig. 105. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de la plantule B (germination hâtive) (p. 44).

Fig. 106. — Schéma du nœud cotylédonaire de cette plantule B (p. 43).

Fig. 107. — Plante anomale à trois cotylédons et à feuilles verticillées par trois (p. 44).

Fig. 108. — Schéma du nœud cotylédonaire de la plantule anomale (p. 44).

Fig. 109. — Parcours des faisceaux dans la même (p. 44).

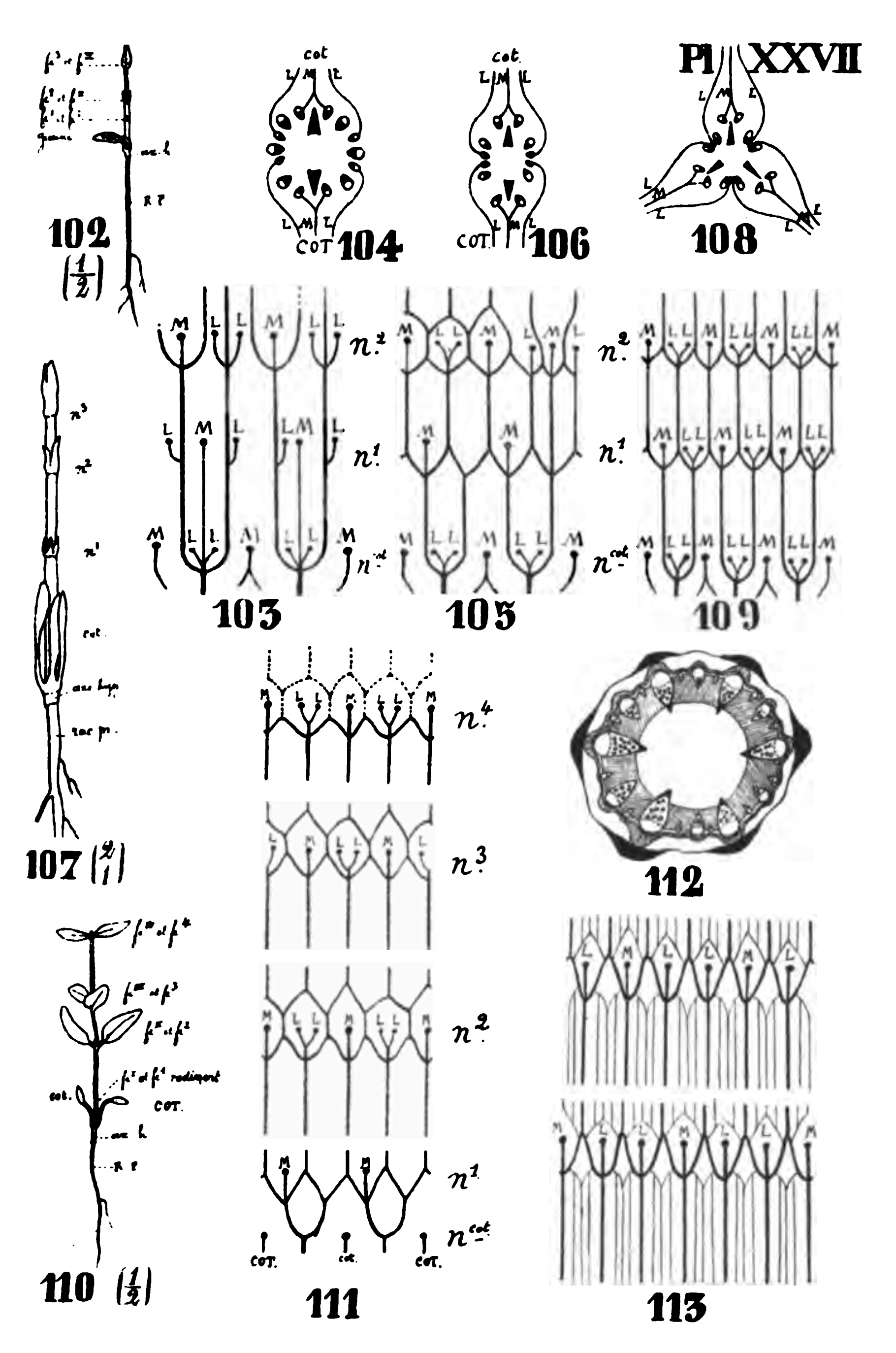
CLEMATIS FLAMMULA L.

Fig. 110. — Plantule (p. 46).

Fig. 111. — Parcours des faisceaux dans la tige principale (p. 46).

Fig. 112. — Entre-nœud de la tige d'une plante adulte (p. 47).

Fig. 113. — Parcours des faisceaux dans deux segments de la tige d'une plante adulte (p. 47).



CLEMATIS VITICELLA: Fig. 102 à 109.

CLEMATIS FLAMMULA: Fig 110 à 113

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXVIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXVIII.

CLEMATIS FLAMMULA L.

Fig. 114. — Coupe à la base du nœud cotylédonaire de la plantule figure 110 (p. 46).

CLEMATIS RECTA L.

Fig. 115. — Entre-nœud de la tige d'une plante adulte (p. 49).

ATRAGENE ALPINA L.

Plantules.

Fig. 116. — Plantule jeune (p. 50).

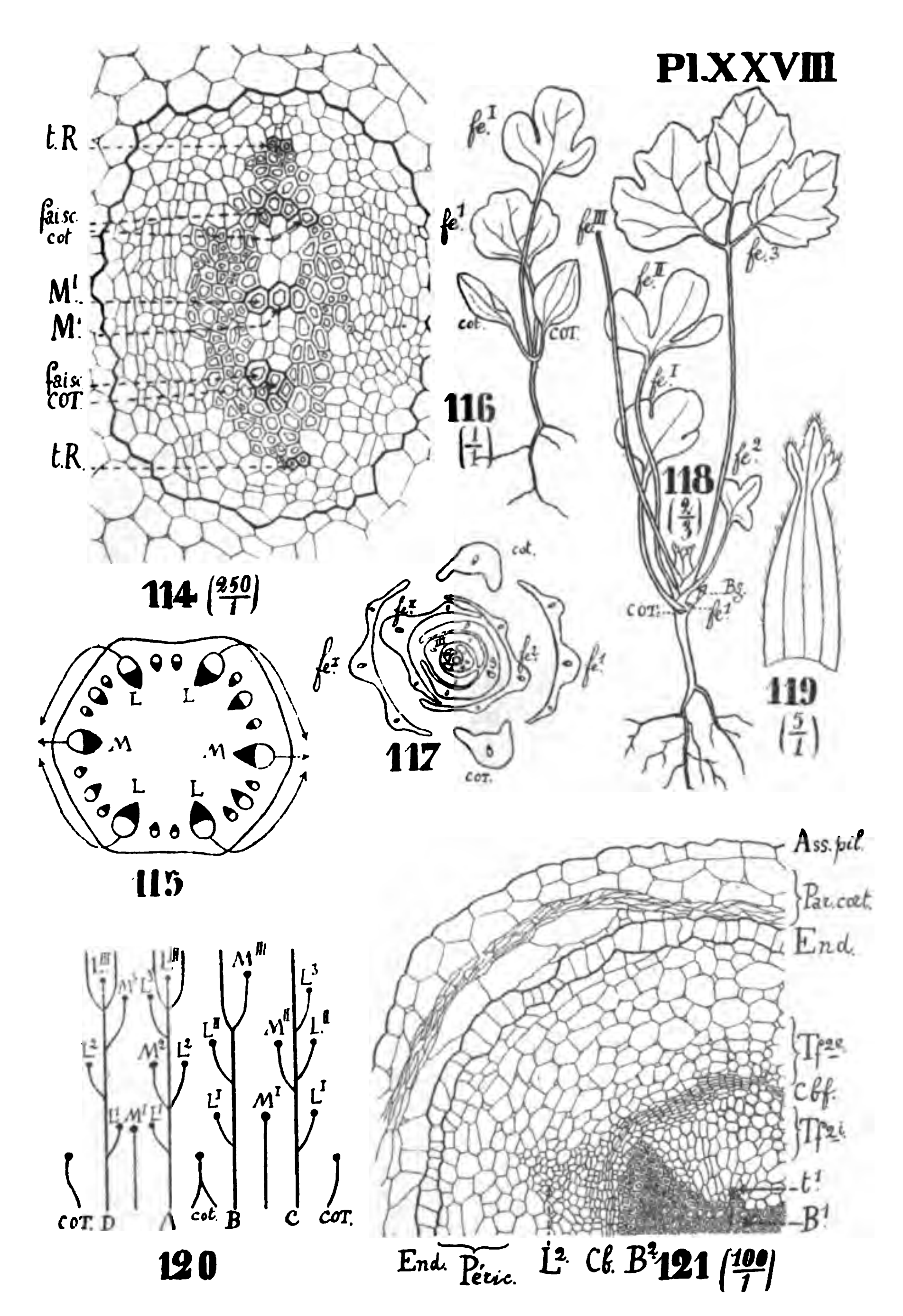
Fig. 117. — Projection des appendices de la plantule précédente (p. 51).

Fig. 118. — Plantule plus âgée (p. 50).

Fig. 119. — Une feuille pérulaire du bourgeon qui termine la tige principale à la fin de la première année (p. 50).

Fig. 120. — Parcours des faisceaux dans la tige principale de la plantule figure 118 (p. 50).

Fig. 121. — Racine principale (p. 51).



CLEMATIS FLAMMULA: Fig. 114.

CLEMATIS RECTA: Fig. 115.

ATRAGENE ALPINA: Fig. 116 à 121.

R. Sterckx ad. nat. del.

PLANCHE XXIX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIX.

ATRAGENE ALPINA L.

Plante adulte.

Fig. 122. — Portion d'une plante adulte (p. 52).

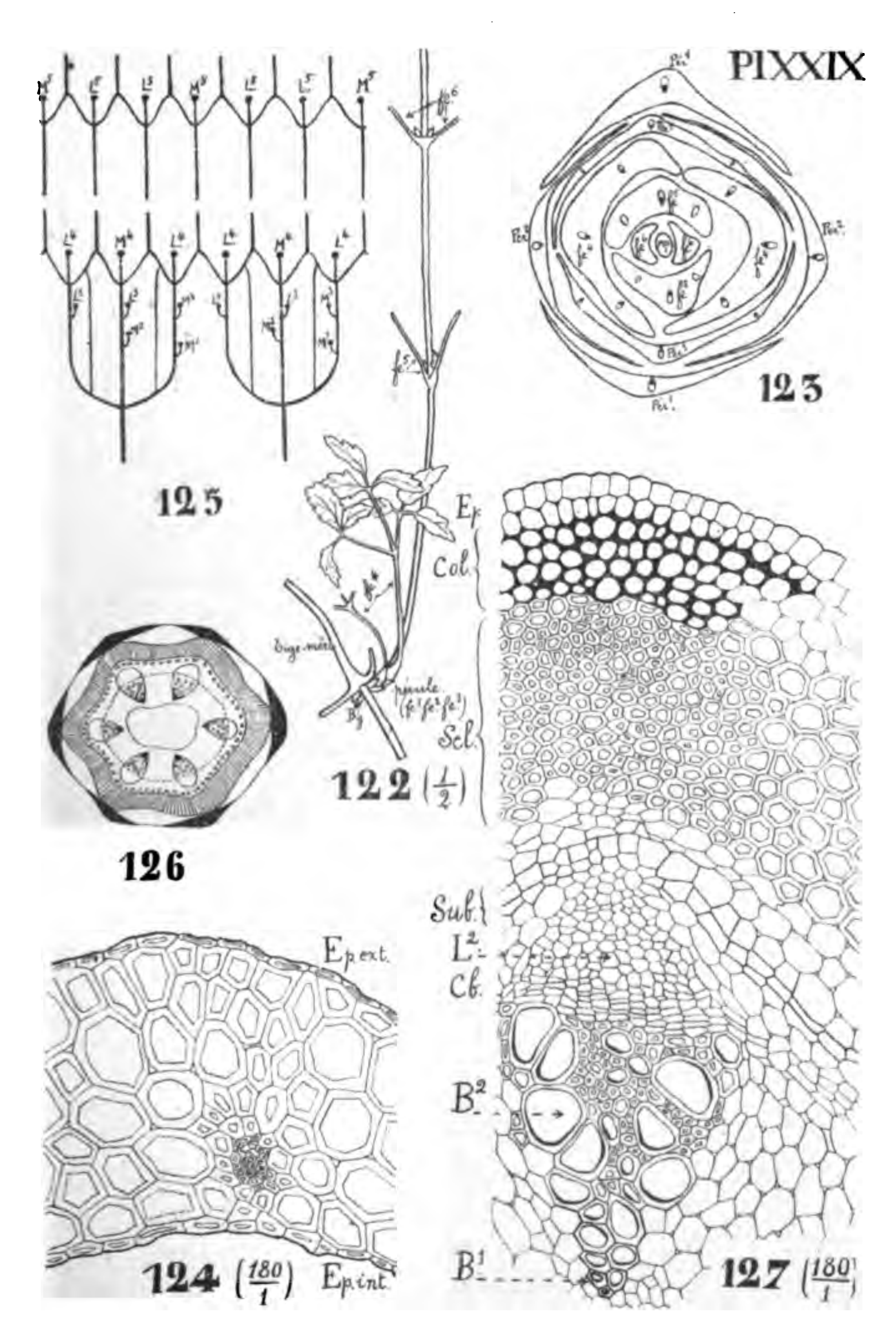
Fig. 123. — Section transversale d'un bourgeon non encore développé (p. 52).

Fig. 124. — Section transversale d'une feuille pérulaire (p. 52).

Fig. 125. — Parcours des faisceaux dans la portion inférieure d'une tige (p. 52).

Fig. 126. — Ensemble de l'entre-nœud 6 de la tige d'un an (p. 52).

Fig. 127. — Portion de la coupe précédente grossie davantage (p. 52).



ATRAGENE ALPINA: (suite)

R Sterckx ad. nat. del.

TABLE DES MATIÈRES.

SECONDE PARTIE.

NOTES DE TECHNIQUE MICROGRAPHIQUE

par A. GRAVIS

I

L'agar-agar comme fixatif des coupes microtomiques.

(Extrait du *Bulletin de la Société belge de microscopie,* t. XV, 1889.)

Au cours de recherches d'anatomie végétale que je fis à la Station zoologique de Naples en 1883, je fus amené à expérimenter les diverses méthodes usitées pour fixer sur porte-objet les sections d'organes inclus dans la paraffine et coupés au microtome. Aucun des procédés connus alors n'ayant complètement satisfait aux exigences spéciales de mes études, j'essayai une foule de substances pouvant être employées comme fixatif. Après bien des tentatives infructueuses, j'eus la satisfaction de trouver dans l'agar-agar le plus précieux auxiliaire. Plusieurs de mes amis ayant depuis lors expérimenté et adopté mon procédé, je me décide aujourd'hui à le faire connaître à tous.

Préparation du fixatif. — L'agar-agar ou gélose est un produit retiré de certaines algues marines. On le trouve dans le commerce sous la forme de prismes ou de rubans de consistance cornée, servant à la fabrication des confitures artificielles. On

l'emploie également dans les laboratoires pour la culture des bactéries en remplacement de la gélatine.

Un demi-gramme d'agar-agar est découpé en petits morceaux qu'on jette dans 500 grammes d'eau distillée; après quelques heures, lorsque la substance s'est gonflée dans l'eau, on chauffe doucement le liquide jusqu'à l'ébullition. Celle-ci est maintenue durant un quart d'heure environ, de manière à obtenir une dissolution complète.

Après refroidissement, on filtre la liqueur à travers une toile fine et on la conserve dans de petits flacons bouchés à l'émeri. L'addition d'un morceau de camphre dans chaque flacon suffit pour empêcher le développement des moisissures et des bactéries. On conserve ainsi pour l'usage cette solution aqueuse d'agar-agar au millième.

Manière de s'en servir. — Les lames porte-objets doivent être d'une grande propreté, sinon le fixatif ne les mouille pas. Il convient donc de bouillir les lames de verre dans de l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, de les rincer à l'eau distillée et de les essuyer avec un linge très propre. Sur l'une de ces lames tenues à l'abri des poussières, on étend avec un pinceau une couche de fixatif à l'endroit où les coupes seront déposées. Un excès de liquide n'est pas à craindre, parce qu'on peut aisément l'enlever plus tard.

Les coupes sont alors rangées sur la lame au moyen d'une pince fine. Cette opération se fait avec la plus grande facilité, surtout lorsque les coupes ont été obtenues en ruban continu, selon la méthode anglaise.

Sitôt les coupes déposées et par conséquent avant l'évaporation de l'eau, on chauffe doucement la préparation au-dessus d'une très petite flamme de bec de Bunsen. Il faut ramollir lentement la paraffine, *mais sans la fondre*. On voit alors les sections s'étaler, se dilater, et les moindres plis disparaître. Des coupes enroulées se déroulent même sans qu'il soit nécessaire d'y toucher. La lame se refroidit immédiatement; la paraffine se fige, et l'on peut, si cela est nécessaire, faire écouler l'excès de

fixatif en tenant la préparation verticalement pendant quelques instants.

Il faut alors laisser sécher complètement le fixatif, ce qui exige plusieurs heures. Le mieux, dans la pratique, est de préparer successivement un certain nombre de lames, de les déposer les unes après les autres sur une petite étagère qu'on recouvre d'une cloche ouverte vers le bas, et d'abandonner le tout jusqu'au lendemain.

Pour dissoudre la paraffine, on fait usage d'essence de térébenthine tiède ou de chloroforme. Le dissolvant de la paraffine est ensuite chassé par quelques gouttes d'alcool fort qu'on fait couler d'une pipette sur la lame légèrement inclinée.

Si l'objet a été coloré en entier avant l'inclusion, on dépose la lame dans un flacon cylindrique contenant de l'alcool absolu pour déshydrater les coupes; on les éclaircit au moyen d'une goutte d'essence de girofle, et finalement on les couvre de baume de Canada et d'une lamelle.

Si, au contraire, les coupes doivent être colorées sur le porte-objet, la lame est placée dans un bain colorant, puis retirée, rincée à l'alcool et montée au baume de Canada. On peut aussi faire agir sur les coupes fixées tel réactif qu'on juge convenable: solution aqueuse de potasse, acide étendu, etc. Après quoi l'on procède à la déshydratation par l'alcool absolu, et au montage comme il vient d'être dit.

Avantages du procédé. — Le fixatif étant tout à fait liquide à la température ordinaire, les coupes se laissent ranger sur la lame avec la plus grande facilité; on peut les faire glisser, les étaler convenablement. Les plis que forme parfois le rasoir du microtome disparaissent sans laisser de trace. Jamais il ne reste de bulle d'air sous les coupes.

Le fixatif aqueux a encore le grand avantage de dilater les coupes avant de les coller au verre : les cellules végétales, qui se déforment si facilement pendant l'inclusion à la paraffine, reprennent alors leurs formes et leurs dimensions primitives.

L'agar-agar bien séché sur le verre est insoluble dans tous les

réactifs : alcool, éther, chloroforme, glycérine, solutions salines, acides ou alcalines. La lame portant les coupes fixées se laisse manipuler comme une plaque photographique. Seule l'eau distillée gonfle le fixatif et compromet la fixation.

L'agar-agar ne se colore pas dans les bains colorants, si ce n'est parfois dans les intervalles qui séparaient les tranches de paraffine lorsque le fixatif a été employé en trop grande abondance. Ces petites taches, d'ailleurs, ne nuisent nullement, parce qu'elles restent ordinairement en dehors du champ du microscope et ne se montrent jamais sous les coupes.

Le montage définitif peut se faire soit dans le baume de Canada, soit simplement dans la glycérine.

Ce procédé permet de préparer aisément, sur la même lame, une centaine de petites coupes successives, et de les traiter toutes de la même manière, sans perte de temps.

II

Fixation au porte-objet des coupes faites dans la celloïdine.

(Extrait du *Bulletin de la Société belge de microscopie*, t. XXIII, 1897.)

Dans une note publiée en 1889, j'ai fait connaître l'emploi de l'agar-agar pour la fixation des coupes microtomiques d'objets inclus à la paraffine. Il s'agissait d'une solution aqueuse au millième, qui, après évaporation, constitue un fixatif inaltérable et invisible (1).

Beaucoup d'histologistes aujourd'hui donnent la préférence aux inclusions à la celloïdine. En anatomie végétale, la celloïdine m'a souvent fourni des résultats supérieurs à ceux obtenus avec la paraffine. A ma connaissance, il n'existe encore aucun procédé permettant de fixer au porte-objet des séries de coupes successives pratiquées dans la celloïdine. Ces coupes, en effet, restant toujours imbibées d'alcool faible, ne peuvent être collées au verre au moyen de fixatifs anhydres tels que la gomme laque, le collodion, le caoutchouc et la gutta-percha. L'agar-agar au millième n'est pas utilisable non plus, parce que les coupes à la celloïdine ne peuvent être soumises à la dessiccation comme les coupes à la paraffine. J'ai donc été amené à modifier le procédé préconisé en 1889.

(1) Voyez *L'agar-agar comme fixatif des coupes microtomiques*. (Bulletin de la Société belge de microscopie, t. XV, p. 72.)

Préparation du nouveau fixatif. — Dans un vase de Bohême contenant 400 grammes d'eau distillée, on laisse gonfler 3 grammes d'agar-agar découpé en très petits morceaux. Le lendemain, on chauffe au bain de sable le vase tenu fermé au moyen d'une lame de verre; on laisse bouillir pendant dix minutes, puis on filtre à chaud sur une mousseline fine. La liqueur est versée dans de petits flacons à large orifice et fermant à l'émeri (de petits « poudriers » de la contenance de 30 grammes conviennent parfaitement). On ajoute un petit morceau de camphre pour assurer la conservation. Cette solution d'agar à 0,75 pour cent se prend en gelée par le refroidissement. La gelée paraît un peu trouble lorsqu'elle est en grande masse, mais elle est parfaitement transparente en couche mince.

Manière de s'en servir. — Au moment de pratiquer les coupes, on fait fondre l'agar et l'on maintient cette substance fluide en laissant le flacon dans un bain-marie légèrement chauffé. Les coupes sont faites au microtome dans la celloïdine, en mouillant le rasoir d'alcool 70, et on les garde humides sur le rasoir. Pour les fixer à la lame de verre, on étale sur celle-ci, avec un pinceau, une couche assez épaisse d'agar fondu; on dispose les coupes en série, puis on les couvre encore d'agar. La lame porte-objet est alors abandonnée sur la table : l'agar se fige par le refroidissement et les coupes sont emprisonnées.

Il est bon de laisser l'agar se durcir par l'évaporation d'une partie de l'eau qu'il contient, ce qui se produit en un quart d'heure ou en une demi-heure, selon la température ambiante. Il faut cependant éviter la dessiccation complète, qui mettrait les coupes à nu.

Entretemps, d'autres lames ont été préparées de la même manière. Lorsqu'elles sont à point, on les immerge dans des flacons cylindriques contenant de l'alcool 94, où elles séjournent jusqu'au lendemain. Cette déshydratation par l'alcool achève de donner à l'agar une consistance ferme.

Le lendemain, les lames sont reprises, traitées par les réactifs éclaircissants et colorants, puis finalement montées.

Avantages du procédé. — L'agar permet tous les traitements, notamment l'action prolongée de l'eau de Javelle, de la potasse, des acides, etc. Seul le lavage à l'eau distillée exige des ménagements, parce que l'eau gonfle et ramollit rapidement le fixatif.

En anatomie végétale, la coloration des coupes n'est pas toujours nécessaire : il suffit alors de traiter par l'eau de javelle, puis d'imbiber les coupes de glycérine et de monter à la glycérine ou à la gélatine glycérinée.

Si l'on désire colorer et conserver indéfiniment les préparations, il faut, au sortir de l'eau de javelle, neutraliser ce réactif par une solution aqueuse à 5 °/₀ de sulfite de soude, puis éliminer le sulfite par l'eau alcoolisée ou glycérinée, colorer dans un bain aqueux ou alcoolique, déshydrater par l'alcool fort et finalement monter au baume de Canada.

Toutes ces opérations doivent se faire dans des flacons cylindriques qui permettent l'immersion de deux lames porte-objet dans une position verticale; elles nécessitent souvent plusieurs heures, parce que la couche d'agar, étant spongieuse, retient longtemps les liquides dont elle a été précédemment imprégnée. C'est le plus grave inconvénient de l'agar à consistance gélatineuse.

Je crois néanmoins que ce procédé est susceptible de rendre de grands services en attendant qu'un chercheur heureux puisse découvrir, pour les coupes à la celloïdine, un fixatif aussi parfait que ceux qu'on possède pour les coupes à la paraffine.

Outre sa résistance vraiment extraordinaire à tous les réactifs (résistance que ne présente pas la gomme laque ni le collodion, etc.), l'agar à 0,75 pour cent a encore l'avantage de permettre la fixation au verre des coupes pratiquées dans des organes végétaux vivants. Les coupes faites à la main dans ces organes frais peuvent, en effet, être déposées sur une lame couverte d'agar fondu qui les emprisonne en se refroidissant. L'immersion dans l'alcool chasse l'air des méats, et les manipulations ultérieures peuvent être conduites selon les exigences de chaque cas particulier.

Il est permis d'espérer que cette grande simplification de la technique des coupes successives rendra plus fréquent, parmi les botanistes, l'usage d'une méthode d'investigation si précieuse.

ARCHIVES

DE

L'INSTITUT BOTANIQUE

DE

L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

Vol. II

Anatomie comparée du *Chlorophytum elatum* (Ait.) et du *Tradescantia virginica* (L.), par A. Gravis et P. Donceel.

Contribution à l'étude anatomique des organes végétatifs et floraux chez *Carludovica plicata* Kl., par H. Micheels.

Recherches anatomiques sur l'embryon et les plantules dans la famille des Renonculacées, par R. Sterckx.

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES
DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 112

—

1900

ANATOMIE COMPARÉE

DU

CHLOROPHYTUM ELATUM (AIT.)

ET DU

TRADESCANTIA VIRGINICA L.

PAR

A. GRAVIS et P. DONCEEL.

(Extrait des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége*, 3e série, t. II, 1900.)

INTRODUCTION

Dans un mémoire publié récemment (1), l'un de nous a décrit l'organisation du *Tradescantia virginica* considéré comme type de la famille des Commélinées. Nous avons pensé qu'il n'était pas sans intérêt d'étudier par la même méthode une plante appartenant à une famille voisine. Notre choix s'est porté sur le *Chlorophytum elatum*, parce que cette espèce a un facies assez semblable à celui du *Tradescantia virginica*. Nous croyons, en effet, que la comparaison de plantes de même port, appartenant à des familles différentes, facilitera la recherche des caractères héréditaires propres à ces familles. La recherche des caractères d'adaptation, au contraire, se fera de préférence au moyen d'espèces d'une même famille, vivant dans des conditions différentes et possédant par suite des ports différents.

(1) A. Gravis, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le* Tradescantia virginica *L. au point de vue de l'organisation générale des Monocotylées et du type Commélinées en particulier,* dans les Mémoires in-4° de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, t. LVII, 1898. — 304 pages, 27 planches.

Le *Chlorophytum elatum* (Ait.) est une Liliacée de l'Afrique australe qu'on peut cultiver en serre froide et même dans les jardins en été. Dans les cultures ornementales, on donne d'ordinaire la préférence à la variété *variegatum* Hort. C'est une espèce très voisine du *C. comosum* (Thunb.). Cette dernière, très commune dans les serres et les appartements, est plus souvent désignée sous les noms de *Hartwegia comosa* Nees., de *Phalangium viviparum* Reinw. ou *Cordyline vivipara* Hort.

Nous nous proposons de faire connaître l'organisation générale du *Chlorophytum elatum*, puis d'établir une comparaison entre cette plante et le *Tradescantia virginica*, la structure de cette dernière espèce étant supposée connue du lecteur. Toutefois un résumé en sera donné dans la seconde partie de ce travail pour faciliter les rapprochements et mettre en relief les différences anatomiques.

L'étude du parcours des faisceaux dans le *Chlorophytum* a présenté de sérieuses difficultés à cause du grand nombre de faisceaux, de leur grande longueur, de leurs anastomoses, de l'insertion des bourgeons et de l'insertion des racines adventives. L'extrême abondance des raphides d'oxalate de chaux a été également un obstacle très réel. De longues séries de coupes transversales successives, fixées au porte-objet avec de l'Agar-Agar [1], ont été traitées par l'eau de javelle, puis par l'acide chlorhydrique pour détruire l'oxalate; après neutralisation, les

[1] A. Gravis, *Fixation au porte-objet des coupes faites dans la celloïdine.* (Archives de l'Institut botanique de l'Université de Liége, vol. I.)

coupes ont été colorées et montées soit à la gélatine glycérinée, soit au baume de Canada. Certaines séries comprenaient plus de deux cent cinquante coupes faites dans un gros rhizome. La largeur de ces sections a nécessité l'emploi du microscope à grand champ de Nachet, et même parfois de l'appareil à projections d'Edinger. Les dessins d'ensemble ont été faits sur papier à calquer, de telle façon que deux dessins successifs devenaient aisément superposables : les faisceaux notés dans l'un de ces dessins pouvaient ainsi être retrouvés et notés dans l'autre.

Ces recherches ont exigé beaucoup de temps. Elles nous ont permis de suivre les traces foliaires dans toute leur étendue et de les désigner d'une façon précise, comme on le reconnaîtra dans les figures 3 à 6 ([1]) et 41 à 43. Elles nous ont permis aussi de reconnaître la présence des faisceaux gemmaires dont l'intervention dans la constitution des tiges a été généralement méconnue jusqu'ici.

Certaines portions de coupes levées à un fort grossissement ont donné lieu à de longues et minutieuses comparaisons. Ce travail est résumé dans le tracé de la figure 7 qui reproduit le parcours de quelques faisceaux pris comme exemple.

Pour le *Chlorophytum*, comme pour le *Tradescantia*, nous avons cherché à établir le type structural complet d'après diverses portions et divers individus, afin d'éliminer les dispo-

([1]) Dans les figures 4, 5 et 6, les faisceaux foliaires sont marqués par un chiffre qui désigne le numéro de la feuille dont ces faisceaux proviennent. Le médian de chaque trace foliaire est indiqué par M.

sitions accidentelles et les erreurs d'observation. Nous pensons donc que nos descriptions ne s'appliquent pas à tel ou à tel cas particulier réalisé dans un fragment, mais qu'elles font connaître le plan idéal de l'ensemble de l'organisation de l'espèce étudiée.

ANATOMIE COMPARÉE

DU

CHLOROPHYTUM ELATUM (AIT.)

ET DU

TRADESCANTIA VIRGINICA L.

PREMIÈRE PARTIE

ANATOMIE DU *CHLOROPHYTUM ELATUM* (AIT.)

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Le *Chlorophytum elatum* est une plante à végétation continue dont les tiges primaires sont disposées en sympode. Chacune d'elles comprend deux régions : la première porte généralement de huit à douze feuilles végétatives (1), séparées par des entre-nœuds très courts; elle mesure de 15 à 20 millimètres de longueur; elle est à peu près cylindrique et son diamètre est ordinairement de 10 à 12 millimètres. La seconde région est une hampe portant de vingt à vingt-cinq bractées séparées par de longs entre-nœuds; elle mesure souvent 0m,75 de longueur; elle a la forme d'un cône longuement effilé; son diamètre étant

(1) Sous le nom de « feuilles végétatives », nous désignons les feuilles les plus développées, celles qui sont chargées des fonctions de transpiration et d'assimilation, par opposition aux feuilles plus ou moins réduites et transformées, comme la préfeuille, les feuilles souterraines, les feuilles pérulaires, les bractées, etc.....



de 4 millimètres dans la partie inférieure et à peine de 1 millimètre vers le sommet.

L'ensemble des régions végétatives des tiges successives forme un rhizome sympodique, rampant à la surface du sol. Sur la partie ancienne de ce rhizome, au milieu des débris des feuilles mortes, on peut retrouver de distance en distance les traces des hampes flétries. Des racines adventives naissent assez tardivement sur cette partie du rhizome (fig. 1 : rhizome complètement dépouillé de ses feuilles montrant quatre pousses disposées en sympode ; la dernière est encore à l'état de bourgeon de remplacement).

Il y a un bourgeon à l'aisselle de chaque feuille, excepté dans l'aisselle de la préfeuille : le bourgeon qui doit continuer le rhizome est très vigoureux et se développe de bonne heure ; les autres sont d'autant plus petits qu'ils sont situés plus près de la base de la pousse, et restent latents. Exceptionnellement un d'entre eux se développe et provoque ainsi la ramification du rhizome.

Dans la partie inférieure de la hampe, les bourgeons situés tout en bas demeurent latents, tandis que ceux situés un peu plus haut se développent ordinairement en axes secondaires garnis de bractées. Dans la partie supérieure de la hampe, au contraire, de même que le long des axes secondaires de l'inflorescence, des fleurs disposées en cyme s'observent dans l'aisselle des bractées. Après la floraison, on voit souvent des pousses feuillées se développer le long de la hampe. Lorsque celle-ci se renverse, ces pousses, mises au contact du sol, ne tardent pas à se fixer par des racines adventives. Dans les cultures, on a fréquemment recours à ce procédé de propagation [1].

Nous nous occuperons successivement de la région qui porte les feuilles végétatives, c'est-à-dire du rhizome, puis de la région garnie de bractées, c'est-à-dire de la hampe, de ses ramifications et des cymes.

[1] Le même phénomène est plus marqué encore dans le *Chlorophytum comosum* (Thunb.) et a valu, à cette dernière espèce, la dénomination de vivipare, que certains auteurs lui ont donnée.

CHAPITRE PREMIER.

LE RHIZOME.

§ 1. — PARCOURS DES FAISCEAUX.

A. *Composition d'une trace foliaire.*

Bien que la feuille n'ait pas de gaine close, son insertion embrasse toute la circonférence du rhizome. Cette insertion ne se fait pas dans un plan : elle décrit souvent une courbe sinueuse, qui monte et descend assez irrégulièrement (fig. 1). Les faisceaux qui passent d'une feuille dans la tige constituent une trace foliaire. La figure 4 représente une coupe transversale pratiquée vers le haut de la troisième pousse du rhizome reproduit par la figure 1 : les feuilles 1 à 5 ont été rencontrées au niveau de leur gaine; la feuille 6 a été sectionnée au niveau de son insertion; les feuilles 7 et 8 montrent leur trace foliaire enfoncée déjà dans la tige.

Les faisceaux d'une trace foliaire sont toujours assez nombreux et peu différents les uns des autres. Il y a lieu cependant de reconnaître un faisceau *médian*, deux faisceaux *latéraux* et un nombre variable de faisceaux *marginaux*. Ils se distinguent les uns des autres par leur taille : le médian est le plus gros, les latéraux sont un peu moins forts, les marginaux sont d'autant plus petits qu'ils sont plus éloignés du médian [1].

La notation des faisceaux d'une trace foliaire est donc la suivante :

$$\text{etc. } m^{VI}\ m^{V}\ m^{IV}\ m'''\ m''\ m'\ m\ \text{LML}\ m\ m'\ m''\ m'''\ m^{IV}\ m^{V}\ m^{VI}\ \text{etc.}$$

[1] Si à première vue les faisceaux d'une même trace foliaire paraissent parfois presque tous semblables, un examen attentif permet toujours de fixer exactement la position du médian par rapport au bourgeon axillaire. Normalement le nombre des faisceaux d'une trace foliaire est impair; lorsqu'il est pair, cela provient de ce qu'il existe un petit faisceau marginal en plus à l'un des bords de la feuille.

Cette notation est pleinement justifiée par l'examen de la nervation de la feuille : la coupe transversale pratiquée en un point quelconque du limbe montre, en effet, un faisceau médian de chaque côté duquel existe une série de faisceaux dont la grosseur diminue très lentement à mesure qu'on s'écarte du médian pour se rapprocher des bords. Il n'y a jamais de petits faisceaux intercalés entre deux plus gros (fig. 8, coupe transversale au milieu du limbe). D'autre part, le médian est le plus long de tous les faisceaux; les deux latéraux se prolongent jusqu'à une petite distance du sommet de la feuille où ils se jettent sur le médian ; les marginaux sont d'autant plus courts qu'ils sont plus éloignés du médian. En remontant le long des bords d'une feuille rendue transparente (fig. 9), on constate, en effet, que les faisceaux se terminent par une anastomose dans l'ordre indiqué par leur exposant :

$$m^{VII}\ m^{VI}\ m^{V}\ m^{IV}\ m'''\ m''\ m'\ m$$ [1].

B. *Parcours des faisceaux constituant une trace foliaire.*

Les faisceaux d'une même trace foliaire se comportent tous à peu près de la même manière. En les suivant à partir du niveau où ils passent de la feuille dans la tige, on voit ces faisceaux conserver leur individualité sur une étendue variable : à cet état nous les désignerons sous le nom de *faisceaux foliaires*. Ils descendent obliquement, en se dirigeant vers le centre de la tige.

En s'avançant ainsi graduellement vers le centre, les faisceaux foliaires d'une même trace se rapprochent forcément les uns des autres ; ils finissent par se rencontrer entre eux et aussi par rencontrer d'autres faisceaux. Ils perdent peu à peu leur individualité : nous les nommerons alors *faisceaux anastomotiques*. La comparaison des figures 3, 4, 5 et 6 (coupes pratiquées aux niveaux indiqués par la figure 1) fait voir le déplacement des traces foliaires : à mesure qu'elles se rapprochent du centre de

[1] La notation adoptée dans ce travail est conforme à celle proposée pour le *Tradescantia virginica* et admise par MM. Lenfant, Mansion et Sterckx pour les Renonculacées.

la tige, elles deviennent de plus en plus incomplètes par suite de la transformation des faisceaux foliaires en faisceaux anastomotiques.

La longueur des faisceaux foliaires est de quatre à huit segments [1] : les plus courts se trouvent parmi les marginaux, les plus longs sont généralement les latéraux et le médian.

Les faisceaux anastomotiques, dans leur trajet descendant, se ramifient et s'anastomosent de façon à constituer des mailles allongées, dont la direction générale est légèrement oblique de dedans en dehors en descendant.

La figure 7 représente le parcours des faisceaux M, m^{vii} et m' provenant respectivement des feuilles 7, 6 et 5 de la troisième pousse du rhizome représenté par la figure 1. Ces trois faisceaux étaient, dans le rhizome, assez voisins et sensiblement situés dans le même plan radial. Leur parcours a été reconstitué par l'examen de cent cinquante-cinq coupes transversales successives; il a été dessiné tel qu'il serait visible dans une longue coupe radiale du rhizome. En suivant de haut en bas le trajet de ces trois faisceaux, on reconnait que dans la partie supérieure ces faisceaux sont nettement individualisés comme *foliaires* et inclinés vers le centre de la tige; qu'au contraire, dans la partie inférieure, ils sont *anastomotiques* et inclinés vers la périphérie. Bien qu'il soit très difficile de suivre un même faisceau depuis son entrée dans la tige jusqu'à son retour à la périphérie, nous estimons que ce trajet comprend environ une quinzaine de segments du rhizome.

C. *Comparaison des traces foliaires successives.*

Les divers segments qui font partie du rhizome diffèrent peu les uns des autres. Cependant on constate, dans chaque pousse, une gradation qui va en croissant à partir de la préfeuille jusqu'à l'avant-dernière feuille ; la dernière feuille commence la série décroissante qui se continue par les bractées de la hampe comme nous le verrons plus loin.

(1) Par segment de tige, il faut entendre un nœud et l'entre-nœud sous-jacent.

Étudié à ce point de vue, le rhizome représenté par la figure 1 a fourni les renseignements consignés dans le tableau suivant, qui doit être lu de bas en haut :

	NUMÉROS DES FEUILLES (1 indique la préfeuille de chaque pousse.)	NOMBRE DE FAISCEAUX constituant la trace foliaire de chaque feuille.
Pousse n° 3	8	23
	7	25
	6	24
	5	24
	4	23
	3	23
	2	19
	1	16
Pousse n° 2	10	24
	9	26
	8	25
	7	23
	6	23
	5	23
	4	22
	3	22
	2	21
	1	17
Pousse n° 1	9	21
	8	24
	7	22
	6	22
	5	21
	4	21
	3	20
	2	19
	1	15

De ce que les traces foliaires diffèrent peu d'un segment à l'autre, résulte la grande uniformité de structure qu'on observe dans toute l'étendue du rhizome d'une plante adulte.

D. *Agencement des traces foliaires.*

Les faisceaux qui composent une trace foliaire sont disposés en cercle (fig. 5); toutefois la trace de la feuille qui précède la hampe est rendue elliptique par le développement précoce du bourgeon de remplacement, comme on peut s'en assurer par la comparaison des coupes représentées par les figures 5, 4 et 3.

Les traces foliaires successives sont concentriques (fig. 6). Elles forment donc, dans le rhizome, une série de troncs de cône emboîtés les uns dans les autres; la base de chacun de ces troncs de cône, tournée vers le sommet de la tige, coïncide avec l'insertion d'une feuille.

Dans les parties adultes des gros rhizomes, une section transversale peut rencontrer huit traces foliaires concentriques, les quatre ou cinq externes étant seules complètes (fig. 6 : les faisceaux foliaires y sont désignés par le numéro de la feuille dont ils proviennent).

Les faisceaux anastomotiques, indiqués en noir dans les figures 3 à 6, sont éparpillés entre les faisceaux foliaires; ceux qui occupent le centre proviennent de la hampe. Enfin il existe des faisceaux gemmaires dont la place a été marquée d'une petite croix.

§ 2. — BOURGEON TERMINAL.

La position du faisceau médian de chaque trace foliaire est déterminée par la phyllotaxie. Celle-ci doit être étudiée par une série de coupes transversales successives dans le bourgeon terminal, à cause des torsions qui se manifestent pendant l'accroissement intercalaire. Les premières feuilles de chaque pousse font entre elles un angle voisin de 180°; les dernières

sont séparées par un angle de 120° environ. La divergence foliaire débute donc par une demi-circonférence et se réduit graduellement à un tiers.

Des coupes transversales dans le bourgeon terminal permettent aussi de préciser l'ordre dans lequel se fait la différenciation libéro-ligneuse des faisceaux foliaires. Dans chaque trace foliaire le médian se différencie le premier; la différenciation se manifeste ensuite rapidement dans les autres faisceaux, mais toujours progressivement à partir du médian jusqu'aux deux marginaux les plus éloignés. On ne constate jamais l'intercalation de faisceaux plus jeunes entre deux faisceaux plus âgés. Ceci confirme donc la notation que nous avons donnée aux faisceaux foliaires en nous basant sur leur taille et sur leur mode de terminaison dans la feuille [1].

En procédant à l'examen des coupes transversales successives à partir d'en haut, on voit que le méristème primitif se différencie rapidement et que toute activité génératrice est éteinte, à la périphérie du cylindre central, dans la région du rhizome qui porte des feuilles adultes. Il n'y a donc pas de périméristème.

Des coupes longitudinales de grande étendue ont été pratiquées dans la moitié supérieure du fragment de rhizome représenté par la figure 10. Celle de ces coupes qui est bien radiale fait voir, après éclaircissement et coloration, le sommet végétatif remarquablement large et plat (fig. 11). Le bourgeon terminal contient neuf feuilles non épanouies (*fe* ^{5} à *fe* ^{13}). Dans la partie de la tige qui est encore en voie de développement (8me pousse de la fig. 11), on reconnaît les faisceaux *foliaires* qui descendent des feuilles en se dirigeant vers le centre de la tige, et les faisceaux *anastomotiques* inclinés de dedans en dehors en descendant. Les foliaires correspondant aux feuilles 1 à 9 sont presque tous pourvus de trachées; les foliaires correspondant

(1) Pour tout ce qui concerne la notation des faisceaux, voir le mémoire sur le *Tradescantia virginica*, pp. 64 et 151.

aux feuilles 10 à 13 sont tous procambiaux. Les anastomotiques de la 8me pousse sont également à l'état procambial [1].

Il est à remarquer que dans la partie jeune du rhizome (8me pousse de la fig. 11), l'inclinaison en dedans des faisceaux foliaires venant de feuilles jeunes est encore peu marquée : elle s'accentuera par la suite, lorsque ces jeunes feuilles seront refoulées à l'extérieur du bourgeon par le développement de nouveaux appendices. Au contraire, l'inclinaison en dehors des faisceaux anastomotiques est plus évidente que dans la partie adulte du rhizome : l'accroissement intercalaire des entre-nœuds a évidemment pour effet de redresser les anastomotiques au point de rendre finalement leur déplacement radial peu perceptible.

§ 3. — INSERTION DES BOURGEONS AXILLAIRES.

Les bourgeons axillaires, même les plus petits qui restent toujours latents, se composent de plusieurs feuilles entourant un sommet végétatif. Les faisceaux qui descendent de ces feuilles pénètrent dans la tige mère, c'est-à-dire dans le rhizome producteur des bourgeons : nous les appellerons *faisceaux gemmaires*.

Lorsque le bourgeon se développe ultérieurement, il se produit de nouvelles feuilles dont les faisceaux ne pénètrent plus dans la tige mère, mais se terminent dans la tige même du bourgeon, laquelle est devenue une ramification du rhizome.

Nous n'avons à nous occuper ici que des faisceaux gemmaires définis comme il vient d'être dit. Leur nombre et leur longueur dépendent de la vigueur même du bourgeon axillaire. Très courts et peu nombreux (8 à 10) lorsque le bourgeon est grêle,

[1] Dans la figure 11, les faisceaux déjà différenciés sont représentés en traits continus, les faisceaux procambiaux sont indiqués en pointillé. Pour reconnaître ces derniers, il faut des coupes parfaitement orientées, suffisamment minces, convenablement éclaircies et colorées ; il est nécessaire aussi de détruire au préalable, par l'acide chlorhydrique, les paquets de raphides qui encombrent les tissus.

ils sont au contraire très longs et très nombreux (70 à 80) lorsque le bourgeon est vigoureux. Les bourgeons latents sont dans le premier cas, le bourgeon de remplacement est dans le second.

Les faisceaux gemmaires apparaissent à l'état procambial assez longtemps après les faisceaux foliaires. Ils n'existent pas encore dans la portion la plus jeune du rhizome; mais ils s'observent dans la portion adulte, où ils se trouvent par petits groupes en dedans du faisceau médian de la feuille aissellière (fig. 4, 5, 6). Leur emplacement a été indiqué par de petites croix dans nos dessins, afin qu'ils ne soient pas confondus avec les faisceaux anastomotiques.

L'ensemble des faisceaux provenant d'un même bourgeon constitue une *trace gemmaire* située dans l'aisselle de la trace foliaire correspondante. Les faisceaux gemmaires descendent dans le rhizome en se dirigeant obliquement vers le centre, comme les faisceaux foliaires. Peu à peu ils s'unissent entre eux et s'anastomosent avec les faisceaux foliaires M, L et *m*. Dans la figure 7, on voit trois faisceaux provenant du bourgeon 7 (indiqués par des lignes pointillées) se jeter sur le faisceau M^7.

§ 4. — INSERTION DES RACINES ADVENTIVES.

Les racines adventives prennent naissance dans la portion du rhizome qui porte des débris de feuilles mortes. A l'endroit où ces racines vont se former, on constate que des recloisonnements tangentiels se sont produits à la périphérie du cylindre central. Il en résulte, sous le parenchyme cortical, une zone étroite et translucide, parce qu'elle ne contient pas d'oxalate de chaux. Dans cette zone, ordinairement assez localisée, se forment çà et là quelques petits cordons procambiaux (fig. 25), qui courent longitudinalement, obliquement ou transversalement. Ils s'unissent aux faisceaux anastomotiques périphériques du rhizome, subissent la différenciation libéro-ligneuse et servent à l'insertion des racines adventives. Ces faisceaux, que nous nommerons *faisceaux radicifères,* s'étalent à la surface du cylindre central et pénètrent plus profondément pour s'irradier à deux ou trois

étages différents (fig. 26, coupe transversale d'un rhizome). La figure 27 est une coupe tangentielle épaisse montrant, par transparence, les faisceaux radicifères à la surface du cylindre central.

Lorsque les racines adventives sont nombreuses, les faisceaux radicifères enveloppent complètement le cylindre central de la tige, et leur ensemble forme ce que M. Mangin a nommé « le réseau radicifère » ([1]).

§ 5. — HISTOLOGIE.

1. Les faisceaux. — Dans un même faisceau, la composition du bois varie notablement aux divers points du parcours.

Dans la première portion de leur trajet descendant, dans celle qui est inclinée de dehors en dedans, les faisceaux possèdent des trachées annelées et des trachées spiralées. Dans la seconde portion, dans celle qui est inclinée de dedans en dehors, ils n'en possèdent pas. Ce caractère permet donc de distinguer les faisceaux dits *foliaires* des faisceaux *anastomotiques* du rhizome. La nature et la disposition des éléments ligneux varient en outre de la façon suivante :

1° Dès qu'il a pénétré dans le cylindre central de la tige, le faisceau foliaire offre l'aspect représenté par la figure 12 : les premières trachées sont étroites et très longuement étirées, comme le témoigne le grand écartement de leurs anneaux et de leurs spiricules (fig. 16); les trachées suivantes sont plus larges et non étirées, comme l'indiquent leurs spiricules à tours rapprochés (fig. 17).

2° Lorsqu'il s'est avancé jusque dans la région centrale, le faisceau foliaire possède, outre des trachées de deux sortes comme précédemment, des vaisseaux situés à droite et à gauche du liber; ils tendent même à le recouvrir en arrière (fig. 13). Ces vaisseaux sont assez courts et fermés en pointe aux deux extrémités; leurs parois, épaisses et sclérifiées, sont garnies de

([1]) L. MANGIN, *Origine et insertion des racines adventives et modifications corrélatives de la tige chez les Monocotylédones.* [ANN. SC. NAT. (Botanique), 6e série, t. XIV, 1882.]

nombreuses ponctuations aréolées (fig. 18). Vues de face, à un très fort grossissement, les ponctuations montrent nettement leur fente oblique; les fentes de deux ponctuations correspondantes sont disposées en croix (fig. 20). En coupe, ces ponctuations sont également très reconnaissables (fig. 21).

3° Lorsque le faisceau anastomotique commence à revenir vers la périphérie, son bois est formé uniquement de vaisseaux aréolés disposés autour du liber (fig. 14).

4° A mesure qu'il se rapproche de la périphérie, le faisceau anastomotique devient moins volumineux (fig. 15).

Dans un même faisceau la différenciation marche de haut en bas : elle est précoce dans toute la partie dite *foliaire* du faisceau et très tardive à l'extrémité inférieure de la partie dite *anastomotique*. Il en résulte que, dans les coupes transversales faites dans la portion du rhizome qui est garnie de feuilles adultes, on voit souvent des faisceaux procambiaux à la périphérie du cylindre central. Ces faisceaux correspondent à l'extrémité inférieure des anastomotiques et ne se différencient complètement qu'au moment de la formation du réseau radicifère, c'est-à-dire à une distance de 20 à 30 millimètres du sommet du rhizome, à un endroit où celui-ci ne porte que des débris de feuilles mortes (1).

(1) Nous avons étudié les éléments ligneux du rhizome du *Chlorophytum*, non seulement par des coupes transversales et longitudinales, mais encore par le procédé trop négligé aujourd'hui de la macération de Schultze.

Il est très rare de rencontrer l'une des extrémités des trachées étroites et étirées (fig. 16); pratiquement il est impossible de voir leurs deux extrémités et par conséquent de les mesurer. Au contraire, on peut assez souvent observer les extrémités des trachées larges non étirées (fig. 17). Nous avons pu, dans quelques cas, mesurer leur longueur qui a été trouvée comprise entre $1^{mm},1$ et $2^{mm},7$.

Les vaisseaux aréolés se dissocient aisément : leur longueur, à part de rares exceptions, est comprise entre $1^{mm},65$ et $2^{mm},45$. La longueur moyenne, calculée d'après quarante observations rigoureuses, est de $2^{mm},2$. Les extrémités de ces vaisseaux sont ordinairement effilées en pointe, parfois tronquées, exceptionnellement bifides ou un peu rameuses.

Nous avons pu constater aussi, dans les macérations, mais tout à fait

2. **Le système fondamental** comprend deux régions :

a) *La région interfasciculaire* est occupée par un parenchyme renfermant de nombreuses cellules à raphides. Ces cellules ont

exceptionnellement, des éléments fermés aux deux extrémités, possédant des ponctuations scalariformes dans leur portion médiane, et des ponctuations aréolées ou des anneaux d'épaississement dans leurs portions terminales. Ce sont probablement des vaisseaux situés au contact des trachées.

Les vaisseaux du Chlorophytum ne montrent jamais de distance en distance ni étranglements ni cercles résultant de la résorption des cloisons transversales des cellules vasculaires superposées. Aussi serait-on disposé, dès l'abord, à les considérer comme des trachéides. Ce qui nous a décidé à les désigner sous le nom de vaisseaux, ce sont les importantes observations que M. Kny a consignées sous le titre de : « Ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Tracheïden ». (Berichten der deutschen botanischen Gesellschaft, Jahrg 1886, Bd IV, H. 7.)

Le savant anatomiste et physiologiste de Berlin a démontré, par une étude attentive de la différenciation des faisceaux secondaires de l'*Yucca aloïfolia*, de l'*Aloe* spec., du *Dioscorea convolvulacea*, du *Dracaena Draco* et de l'*Aletris fragrans*, que les éléments dénommés trachéides dans ces plantes résultent de la fusion de plusieurs cellules. Les cellules du procambium de ces faisceaux ne mesurent que 0mm,064 de longueur. Un grand nombre de cloisons transversales se résorbent de bonne heure sans laisser de traces de leur existence. Cette destruction est bien visible au stade représenté par la fig. 2 de la pl. XIV. Les parois longitudinales s'épaississent ensuite et se couvrent de ponctuations. A l'état adulte, les éléments ligneux des faisceaux secondaires mesurent en moyenne 1mm,69 de longueur; leurs extrémités sont presque toujours effilées, plus rarement tronquées ou un peu ramifiées; il ne subsiste aucune trace des cloisons transversales résorbées.

Discutant ensuite la signification qu'il convient d'attribuer aux mots trachéides et vaisseaux, M. Kny pense qu'il faut considérer comme vaisseaux les éléments ligneux résultant d'une fusion de cellules et envisager comme trachéides les éléments ligneux dans lesquels on ne peut reconnaitre des cloisons transversales à aucun moment. En conséquence, il croit convenable de désigner sous le nom de « vaisseaux courts » ce qu'on a jusqu'ici appelé trachéides dans les *Yucca, Aloe, Dioscorea, Dracaena* et *Aletris.*

La similitude, à l'état adulte, des éléments ligneux du *Chlorophytum* avec ceux des plantes ci-dessus rappelées, nous permet, semble-t-il, de penser que leur mode de formation est identique et que le nom de vaisseaux peut leur être appliqué.

la même longueur que les cellules non cristalligènes voisines, ou bien elles ont une longueur sensiblement double (fig. 23 et 24). Elles renferment de la gomme coagulable par l'alcool.

Vers la périphérie du cylindre central, les cellules diffèrent à peine, par une taille un peu moindre, de celles de la portion centrale; il n'y a jamais de gaine de sclérenchyme.

b) *La région corticale,* dans la partie la plus jeune du rhizome, n'est que le prolongement, vers le bas, du parenchyme foliaire. Dans ce tissu jeune, des cloisonnements se produisent peu à peu, çà et là, sans jamais se localiser en direction nettement tangentielle et en ordre centripète ([1]). L'assise la plus profonde de la région corticale, le phlœoterme, n'est nullement différenciée, de sorte qu'à aucun moment et à aucun niveau on ne peut reconnaître une limite nette entre le région corticale et la région interfasciculaire du tissu fondamental ([2]).

Lorsqu'il a pris tout son développement, le parenchyme cortical du rhizome peut atteindre l'épaisseur de vingt-quatre cellules. Certaines de ces cellules contiennent des raphides d'oxalate de chaux.

Dans la partie la plus vieille du rhizome, il s'est formé, sous l'épiderme, une couche de suber assez épaisse.

3. **L'épiderme** possède de nombreux stomates (une trentaine par millimètre carré).

MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES RÉSULTANT DE LA FORMATION DES RACINES ADVENTIVES.

L'insertion des racines adventives se fait, comme il a été dit au paragraphe précédent, par l'intermédiaire de faisceaux radicifères formés dans une zone à recloisonnements tangentiels à

([1]) Dans le rhizome du *Tradescantia virginica,* au contraire, il existe un parenchyme cortical interne recloisonné, à développement centripète parfaitement évident (*loc. cit.*, p. 104).

([2]) Dans le rhizome du *Tradescantia,* le phlœoterme est différencié en arcs endodermiques au dos des faisceaux périphériques, mais il n'est guère reconnaissable dans l'intervalle entre les faisceaux (*loc. cit.*, p. 105).

la périphérie du cylindre central. Ces faisceaux se différencient assez tardivement : leur bois n'est formé que de vaisseaux aréolés. Le parenchyme interposé entre ces faisceaux conserve toujours une disposition radiale avec cloisons tangentielles bien reconnaissables. Par suite, certaines coupes transversales pourraient faire croire à l'existence d'un périméristème et de faisceaux secondaires semblables à ceux des *Dracaena*.

Dans les parties les plus âgées du rhizome, lorsque les éléments anatomiques du réseau radicifère se sont complètement différenciés, l'action des matières colorantes permet de constater la subérification de certaines cellules situées à la périphérie du cylindre central. Cette modification chimique s'opère d'abord dans les cloisons radiales, mais elle s'étend ensuite à toute la paroi. Les cellules ainsi modifiées forment une assise assez régulière, comme on le voit dans les figures 28 et 29 (coupes transversales) et dans la figure 30 (coupe tangentielle) [1].

L'assise subérisée des vieux rhizomes n'offre pas les caractères d'un endoderme. On pourrait penser qu'elle représente néanmoins un phlœoterme. Cette opinion ne nous paraît pas susceptible de justification, à cause de l'absence complète de délimitation entre l'écorce et le cylindre central du rhizome avant la subérification, comme il a été dit plus haut (p. 20).

Dans certains endroits de nos préparations, les parois subérisées paraissent appartenir aux cellules recloisonnées du parenchyme cortical profond (fig. 28) ; dans d'autres endroits, il semble, au contraire, que les cellules subérisées sont réellement les cellules les plus extérieures du parenchyme recloisonné tangentiellement entre les faisceaux radicifères (fig. 29). Dans le premier cas, elles appartiendraient à l'écorce, dans le second au cylindre central. D'ailleurs, l'origine de cette assise subérisée si tardivement pourrait bien être mixte, et par conséquent sans

[1] Dans les figures 28, 29 et 30, les cellules à parois subérisées, seules colorées par la fuchsine diluée, sont indiquées par une croix ; dans la fig. 30, on remarquera que la forme des cellules du parenchyme cortical profond ne diffère pas sensiblement de celle des cellules subérisées.

rapport avec la différenciation première du parenchyme fondamental de la tige. Quoi qu'il en soit, elle ne mérite pas le nom d'endoderme qu'on serait tenté de lui donner à première vue.

D'autre part, l'existence de l'assise subérisée dont il est question ici est bien certainement liée à la présence du réseau radicifère. Aucune assise colorable par la fuchsine ne peut être décelée dans les parties du rhizome déjà adulte avant l'apparition des racines adventives. C'est seulement après la différenciation complète du réseau radicifère qu'une assise subérisée se manifeste par la fuchsine : les coupes transversales et longitudinales de grande étendue prouvent qu'elle recouvre complètement le réseau radicifère, mais ne s'étend pas au delà. Dans les parties les plus vieilles du rhizome, là où les racines sont nombreuses et rapprochées, l'assise subérisée est continue parce que, en réalité, le réseau radicifère enveloppe complètement le cylindre central : il n'y a alors d'interruption qu'au niveau de la sortie des faisceaux foliaires et de l'insertion des bourgeons axillaires. L'endoderme des racines adventives se raccorde avec l'assise subérisée du rhizome (fig. 26 dans laquelle l'endoderme des racines est indiqué en pointillé, tandis que l'assise subérisée du rhizome est indiquée par un trait interrompu). L'endoderme des racines possède d'ailleurs des caractères tout différents ([1]).

On remarquera enfin que par sa localisation aussi bien que par son rôle de tissu isolant, l'assise subérisée du *Chlorophytum* rappelle ce qui a été nommé « l'endoderme » dans la tige des Aroïdées; la valeur morphologique pourrait néanmoins être différente dans les deux cas comparés.

([1]) Dans les racines jeunes, mais entièrement différenciées cependant, l'endoderme consiste, en effet, en cellules à parois minces, plissées dans une petite portion des cloisons radiales (fig. 31). Dans les racines vieilles, les cellules de l'endoderme présentent des épaississements considérables le long des cloisons radiales et des cloisons internes (fig. 32). Les plissements sont néanmoins reconnaissables dans les coupes tangentielles (fig. 33).

TIGES DÉVELOPPÉES DANS L'OBSCURITÉ.

Dans certaines circonstances particulières, l'aspect et la structure du rhizome subissent quelques modifications dont il est intéressant de dire quelques mots.

Normalement, le rhizome rampe à la surface du sol. Lorsqu'à la suite d'un repiquage il a été enterré à quelques centimètres de profondeur, plusieurs des bourgeons axillaires latents se développent, surtout lorsque le sommet a été endommagé. Les tiges qui résultent de ce développement sont dressées en terre et reviennent ainsi rapidement à la surface. Leurs premiers segments sont longs et grêles, avec des feuilles rudimentaires; les segments suivants sont beaucoup plus courts et plus épais avec des feuilles normales (fig. 34 et 35).

L'entre-nœud [2] de la tige représentée par la figure 34 ne mesurait que 4 $^1/_2$ millimètres de diamètre et ne contenait qu'une centaine de faisceaux. La trace foliaire comprenait dix-sept faisceaux. L'entre-nœud [2] de l'autre tige (fig. 35), plus grêle encore, n'avait que 2 $^1/_2$ millimètres de diamètre; le nombre total des faisceaux était réduit à une trentaine et la feuille ne recevait que onze faisceaux.

Malgré cette réduction de la vigueur des pousses, la composition des traces foliaires, leur agencement et leur parcours différaient peu de ce qui a été dit pour le rhizome normal. Le type d'organisation est resté le même.

Les tiges dont il s'agit ici portaient peu de racines adventives et leur réseau radicifère était très peu développé.

D'autre part, les caractères histologiques se sont montrés beaucoup plus variables. La tige représentée par la figure 34 avait poussé en serre froide comme les autres plantes. Tous ses tissus ressemblaient à ceux de ces dernières. Nous n'avons à signaler que la subérification plus précoce d'une assise entourant le cylindre central. Souvent aussi une subérification semblable se manifestait autour des faisceaux foliaires dans leur trajet à travers l'écorce, trajet rendu plus long par suite de l'accroissement intercalaire considérable des tiges développées sous le sol.

Un tronçon de rhizome conservé à l'obscurité, dans une atmosphère saturée d'humidité, a produit plusieurs tiges axillaires étiolées et très grêles (2^{mm} de diamètre). Dans ces tiges, le parenchyme cortical est nettement limité par un phlœoterme à cellules plissées le long de leurs cloisons radiales. Ce phlœoterme ressemble entièrement à l'endoderme des jeunes racines. Une assise plissée entoure aussi les faisceaux foliaires traversant l'écorce (fig. 38 coupe transversale, fig. 39 coupe tangentielle du phlœoterme).

Enfin la tige de la figure 35 et une autre plus vigoureuse s'étaient développées sur des rhizomes plantés au printemps, en plein air. Dans ces tiges, le phlœoterme formait également une assise très nettement reconnaissable de cellules munies d'épaississements considérables le long des cloisons radiales et des cloisons internes (fig. 37). Cette assise présentait la plus grande ressemblance avec l'endoderme des racines vieilles (voir description ci-dessus p. 22 en note et fig. 32).

En outre, les faisceaux anastomotiques étaient presque tous flanqués de cellules du tissu fondamental à parois épaissies et sclérifiées (fig. 37 F. *a.*). Les faisceaux foliaires possédaient, en plus, un arc d'éléments étroits, fortement sclérifiés en avant des trachées (fig. 36 représentant un faisceau foliaire à un niveau comparable à celui du faisceau de la fig. 13). Dans leur trajet à travers l'écorce, les foliaires sortants étaient parfois revêtus d'une assise cellulaire présentant le même aspect que le phlœoterme (fig. 37 F. *f.*).

En résumé, les premiers segments des tiges développées à l'obscurité, soit sous terre, soit dans l'air humide, sont longs et grêles : leur organisation générale, réduite quant au nombre des faisceaux, appartient néanmoins au même type que celle des tiges normales. La constitution des tissus, au contraire, s'est modifiée d'une façon très sensible. Le phlœoterme s'accuse mieux : il se subérifie de bonne heure, complètement ou seulement le long des plissements des cloisons radiales; d'autres fois, il se sclérifie. Une assise semblable entoure les foliaires dans leur trajet à travers l'écorce. Divers éléments épaississent et sclérifient leurs parois lorsque les plantes vivent au grand air.

CHAPITRE II.

LA HAMPE.

La hampe est constituée, avons-nous dit déjà, par le prolongement d'une pousse dont les premiers segments entrent dans la constitution du rhizome. On peut y reconnaître deux parties.

La partie inférieure de la hampe comprend six à huit segments, dont les entre-nœuds, assez épais, sont à peu près cylindriques. Les bractées, assez larges et assez longues, possèdent plusieurs nervures : la première en contient souvent quinze ou treize, les suivantes en contiennent respectivement onze, neuf, sept, cinq, trois. Leur divergence phyllotaxique, qui est d'un tiers pour les premières, se réduit à deux cinquièmes environ pour les suivantes. Les bourgeons axillaires restent ordinairement latents; quelques-uns se développent et constituent les axes secondaires de l'inflorescence.

La partie supérieure de la hampe est formée d'une dizaine de segments bien développés, puis d'un grand nombre d'autres encore qui s'atrophient au sommet. Les entre-nœuds sont prismatiques et de plus en plus grêles. Ils forment l'axe de l'inflorescence qui est indéfinie. Les bractées sont petites, étroites et aiguës; leur divergence phyllotaxique égale trois huitièmes. Dans leur aisselle existe une petite cyme florifère.

§ 1. — PARCOURS DES FAISCEAUX.

Au point de vue du trajet des faisceaux, la partie supérieure de la hampe diffère complètement du rhizome; la partie inférieure de la hampe, au contraire, possède des caractères mixtes.

I. Partie supérieure de la hampe.

Les bractées sont insérées sur une faible partie de la circonférence de la tige et ne possèdent qu'une seule nervure. Le faisceau qui passe de la bractée dans la tige perd rapidement

son individualité en se jetant sur un faisceau anastomotique. Il n'y a donc pas de traces foliaires.

Toute la partie de la hampe qui nous occupe ici est parcourue par huit *faisceaux anastomotiques*. A chaque nœud, ils reçoivent à tour de rôle un *faisceau foliaire* dans l'ordre déterminé par la disposition phyllotaxique, laquelle reste constante et égale à trois huitièmes.

La figure 41 représente l'entre-nœud 19 de la hampe; la figure 42 est la coupe du nœud 19; la figure 43 représente dans le bas l'entre-nœud 20, dans le haut la bractée 19 et entre les deux la cyme insérée dans son aisselle. La figure 45 enfin reproduit l'aspect d'une coupe pratiquée beaucoup plus haut, dans l'entre-nœud 26. Ces quatre sections sont orientées de la même manière; dans chacune d'elles, la flèche barbelée indique la position de la bractée prochaine. Toutes montrent huit anastomotiques, marqués A, près desquels on a indiqué les numéros correspondant aux faisceaux des bractées. On y remarquera, en outre, un cercle de petits faisceaux périphériques qui sont des *faisceaux gemmaires*, comme il sera expliqué au paragraphe suivant : on peut en faire abstraction pour le moment.

Le parcours des faisceaux, dans toute la partie supérieure de la hampe, appartient donc à un type remarquablement simplifié et uniforme. On peut le représenter très aisément en supposant la tige fendue longitudinalement et étalée (fig. 46). Les huit faisceaux anastomotiques sont les sympodes de tous les foliaires. Ils descendent parallèlement dans toute la longueur de la hampe; arrivés dans le rhizome, ils s'unissent aux anastomotiques de cet organe et avec eux font lentement retour à la périphérie. Dans la figure 7, on voit un des huit faisceaux anastomotiques de la hampe (indiqué par un trait interrompu) se confondre avec les anastomotiques du rhizome.

II. Partie inférieure de la hampe.

L'organisation est ici intermédiaire entre celle du rhizome et celle de la partie supérieure de la hampe.

Plusieurs faisceaux passent d'une bractée dans la tige : quinze

ou treize au segment le plus bas; neuf, sept, cinq, trois aux segments suivants. Les plus gros faisceaux, c'est-à-dire les faisceaux M et souvent aussi les faisceaux L, gardent leur individualité dans la tige, tandis que les autres faisceaux disparaissent par anastomose. Il y a donc des traces foliaires, mais elles sont plus ou moins incomplètes. En outre, la partie centrale est occupée par les huit anastomotiques qui descendent de l'inflorescence; à la périphérie se montrent des faisceaux gemmaires.

La figure 44 représente la section transversale de l'entre-nœud le plus inférieur de la hampe qui a fourni également les coupes reproduites par les figures 41 à 45. La notation des faisceaux explique suffisamment leur provenance.

§ 2. — INSERTION DES BOURGEONS AXILLAIRES.

I. Partie supérieure de la hampe.

Dans l'aisselle de chaque bractée de la partie supérieure de la hampe se développe de bonne heure une cyme unipare hélicoïde (fig. 40). Cette cyme comprend un axe sympodique très court, une dizaine de bractéoles et autant de fleurs pédonculées (fig. 43) ([1]).

La section transversale de l'axe sympodique contient une cinquantaine de faisceaux. Les uns proviennent des bractéoles, les autres des pédoncules floraux. En pénétrant dans la hampe, ces faisceaux se comportent différemment : la plupart se dirigent obliquement et se jettent sur les trois faisceaux anastomotiques

([1]) Cette section nous montre en bas l'entre-nœud 20 de la hampe, en haut la bractée du nœud 19, entre les deux la cyme insérée à ce même nœud 19. On y remarquera les pédoncules (désignés par des chiffres romains) diamétralement opposés aux bractéoles (marquées en chiffres arabes). Les pédoncules sont des axes d'ordre différent qui se succèdent suivant une hélice régulière ; il en est de même des bractéoles qui représentent les préfeuilles de ces axes : il y a donc homodromie. Les pédoncules renferment six faisceaux inégaux ; les bractéoles inférieures ne contiennent qu'un seul faisceau, tandis que les supérieures en contiennent de trois à sept.

qui, dans la hampe, sont les plus voisins de l'insertion de la cyme; quelques-uns descendent sans subir d'anastomoses et constituent les petits faisceaux périphériques de la hampe. Dans la figure 42, les petites flèches indiquent comment se fait la terminaison de la majeure partie des faisceaux descendant de l'axe sympodique de la cyme insérée au nœud 19. Les petits faisceaux périphériques marqués *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, qui descendent de la même cyme, se retrouvent dans l'entre-nœud situé au-dessous (fig. 41). Tous les autres petits faisceaux qui forment un cercle à la périphérie de la hampe sont de même des faisceaux gemmaires provenant de bourgeons situés plus haut, c'est-à-dire des bourgeons 20, 21, 22, 23, etc., la section de la figure 41 ayant été faite dans l'entre-nœud 19 (1).

Parfois l'axe correspondant au pédoncule I se transforme en une pousse feuillée capable de s'enraciner comme il a été dit plus haut dans l'exposé des caractères extérieurs (propagation vivipare). Plus rarement, il en est de même de l'axe correspondant au pédoncule II et les autres pédoncules s'atrophient : il y a alors deux pousses vivipares d'ordre différent dans l'aisselle de la bractée.

II. Partie inférieure de la hampe.

Dans la partie inférieure de la hampe, les bourgeons situés dans l'aisselle des premières bractées restent toujours latents; ceux situés dans l'aisselle des bractées suivantes se développent ordinairement en axes secondaires garnis eux-mêmes de bractées et de cymes. L'insertion de ces axes secondaires de l'inflorescence est identique à celle des cymes sur la hampe décrite plus haut.

(1) Les cymes insérées dans l'aisselle des bractées sont, en somme, des bourgeons, et à ce titre les faisceaux qui passent d'une cyme dans la hampe méritent le nom de faisceaux gemmaires. Dans le rhizome, les traces foliaires sont beaucoup plus importantes que les traces gemmaires; dans la hampe, c'est l'inverse. Dans les figures 42 et 41, les faisceaux gemmaires qui descendent de la cyme insérée au nœud 19 sont teintés en noir.

§ 3. — HISTOLOGIE.

1. **Faisceaux.** — Leur différenciation est précoce, aussi possèdent-ils tous des trachées annelées et des trachées spiralées. Les foliaires et les anastomotiques possèdent, en outre, des vaisseaux scalariformes, mais jamais de vaisseaux aréolés (1). Les gemmaires sont situés contre le phlœoterme ou légèrement enfoncés dans la gaine de sclérenchyme : ils ne possèdent qu'une ou deux trachées.

Contrairement à ce qui a été signalé pour le rhizome, la composition du bois, dans un même faisceau de la hampe, ne varie pas sensiblement aux divers points du parcours; dans les anastomotiques de la hampe, les éléments ligneux n'environnent jamais complètement le liber comme dans le rhizome.

(1) Les vaisseaux scalariformes peuvent être dissociés par la macération de Schultze. Ils sont prismatiques et fermés aux deux extrémités qui sont longuement effilées; leurs faces sont garnies de ponctuations transversales parallèles (fig. 49). Dans l'un des premiers entre-nœuds d'une hampe, nous avons mesuré soixante-dix de ces éléments. Nous avons trouvé leur longueur comprise entre 1mm,7 et 9mm,1 avec une moyenne de 4mm,7.

Sans entrer dans le détail de nos mensurations, nous grouperons en neuf catégories, dans le tableau suivant, les vaisseaux que nous avons rencontrés.

Catégories de vaisseaux. . .	1 à 2 millim.	2 à 3 millim.	3 à 4 millim.	4 à 5 millim.	5 à 6 millim.	6 à 7 millim.	7 à 8 millim.	8 à 9 millim.	9 à 10 millim.
Nombre de vaisseaux	2	8	14	**21**	10	7	4	3	1

On voit clairement que le plus grand nombre des vaisseaux possèdent précisément la longueur moyenne qui est comprise entre 4 et 5 millimètres (nous avons trouvé par le calcul 4mm,7). A mesure qu'ils s'écartent de cette moyenne, les vaisseaux deviennent de plus en plus rares. C'est ce que montre mieux encore la courbe construite d'après les chiffres fournis par le tableau ci-dessus (fig. 50).

On remarquera que cette courbe est légèrement asymétrique. Peut-être cela provient-il de ce qu'elle a été établie au moyen d'un nombre assez restreint de mesures. Nous pensons cependant qu'elle peut être assimilée à une courbe binomiale normale et que, par conséquent, la longueur des vaisseaux est soumise à la loi de Quételet et Galton.

La figure 47 reproduit la structure du faisceau anastomotique 24-32 et du faisceau gemmaire *a* de la figure 41.

2. **Système fondamental.** — a) *La région interfasciculaire* est constituée par du parenchyme méatique avec cellules contenant des raphides. Ces cellules cristalligènes sont quelquefois isolées, plus ordinairement elles sont superposées par séries de deux ou trois, plus rarement de quatre ou cinq; elles ne forment donc jamais de files parcourant sans interruption toute l'étendue des entre-nœuds. Leur longueur est égale à celle des cellules voisines non cristalligènes, ou bien elle est sensiblement égale à la moitié (fig. 51 et 52). Les raphides sont environnées de gomme coagulable par l'alcool.

Vers la périphérie, le parenchyme interfasciculaire passe insensiblement à du sclérenchyme formant une gaine mécanique continue. Dans le haut de la hampe, le sclérenchyme de la gaine est beaucoup moins caractérisé. Par contre, dans le bas de la hampe, certains éléments du parenchyme adossés au liber, plus rarement au bois, ont des parois épaisses et sclérifiées.

b) *La région corticale* comprend ordinairement trois ou quatre assises de cellules à chlorophylle, quelquefois cinq ou six vers le bas de la hampe. Le phlœoterme n'est nullement différencié; il est cependant reconnaissable à sa position : c'est l'assise cellulaire en contact avec la gaine de sclérenchyme.

3. **Épiderme** avec stomates (quinze à vingt par millimètre carré).

SECONDE PARTIE

COMPARAISON DU *CHLOROPHYTUM ELATUM* (AIT.) ET DU *TRADESCANTIA VIRGINICA* L.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Chlorophytum elatum. — Chaque pousse primaire comprend deux régions : l'inférieure, persistante, à entre-nœuds courts, produit une préfeuille, puis des feuilles végétatives à gaine courte, à limbe long. La région supérieure, fugace, constitue une hampe à entre-nœuds longs, avec des bractées de plus en plus petites.

L'ensemble des portions inférieures, persistantes, nées les unes des autres par le moyen de bourgeons axillaires de remplacement, forme un rhizome sympodique rampant sur le sol, garni de bourgeons axillaires rudimentaires et presque toujours latents. Le rhizome ne se ramifie donc qu'exceptionnellement. Il produit des racines adventives dont une portion grêle est absorbante, tandis que l'autre, tubérisée, sert au dépôt des substances alimentaires.

La hampe, longue et dressée, porte quelques axes secondaires et des cymes unipares hélicoïdes, pauciflores, pourvues de bractéoles. Des pousses vivipares naissent souvent sur la hampe après la floraison.

Tradescantia virginica. — Chaque pousse primaire comprend trois régions : l'inférieure, persistante, à entre-nœuds courts, produit une préfeuille et quelques feuilles à longue gaine, à limbe nul ou très court. La région moyenne, se détruisant à l'approche de l'hiver, possède de longs entre-nœuds et des

feuilles complètement développées. La région terminale, ou hampe, réduite à un entre-nœud portant deux grandes bractées foliiformes.

. L'ensemble des portions inférieures, persistantes, forme un rhizome souterrain, garni de gros bourgeons qui se développent presque tous. Le rhizome est donc très ramifié. Il produit des racines adventives qui fonctionnent d'abord comme organes absorbants, puis comme organes de dépôt, bien qu'elles ne soient pas tubérisées.

La région moyenne des tiges est dressée, aérienne; plusieurs de ses bourgeons axillaires se développent en tiges secondaires portant des feuilles végétatives et se terminent par une inflorescence, comme la tige primaire.

Les inflorescences sont des cymes unipares scorpioïdes, multiflores, pourvues de bractéoles. Elles peuvent produire, exceptionnellement, des pousses vivipares.

Conclusion. — Les organes végétatifs des deux plantes que nous comparons offrent de grandes ressemblances au point de vue des caractères extérieurs. Les différences un peu notables se réduisent à deux :

1° Dans le Chlorophytum, la région de la tige portant les feuilles végétatives appartient tout entière au rhizome, tandis que dans le Tradescantia, cette région n'est qu'en partie souterraine : elle se redresse et devient aérienne.

2° Dans le Chlorophytum, la hampe est formée d'un grand nombre de segments, portant des bractées de plus en plus rudimentaires et des cymes hélicoïdes nombreuses, tandis que dans le Tradescantia la hampe n'est qu'un entre-nœud portant deux bractées foliiformes et deux cymes scorpioïdes seulement.

Il en résulte qu'au point de vue du parcours des faisceaux, nous devrons comparer le rhizome du Chlorophytum à la partie aérienne du Tradescantia, et que l'organisation spéciale de la hampe du Chlorophytum ne se retrouvera pas chez le Tradescantia.

§ 1. — PARCOURS DES FAISCEAUX [1].

Chlorophytum elatum. — Les feuilles végétatives qui garnissent le rhizome adulte contiennent de treize à vingt-sept faisceaux constituant un nombre égal de nervures parallèles. La section transversale vers le milieu du limbe montre, de part et d'autre du faisceau médian qui est le plus gros, une série de faisceaux dont la taille va en décroissant insensiblement d'une façon régulière. Il n'y a jamais de petits faisceaux intercalés entre deux plus gros. Dans le cas de dix-sept faisceaux, la formule est la suivante :

$$m^{VI}\ m^{V}\ m^{IV}\ m'''\ m''\ m'\ m\ \mathrm{LML}\ m\ m'\ m''\ m'''\ m^{IV}\ m^{V}\ m^{VI}$$ (fig. 8).

En suivant ces faisceaux jusqu'au sommet du limbe, on constate que le médian est le plus long; que les deux latéraux se jettent sur le médian près du sommet; que les marginaux sont d'autant plus courts qu'ils sont plus éloignés du médian, et enfin qu'ils se terminent par une anastomose avec le faisceau voisin d'un ordre moins élevé (fig. 9).

En passant de la feuille dans la tige, les faisceaux se comportent tous sensiblement de la même manière : ils constituent une trace foliaire *circulaire*. Ils descendent obliquement en se dirigeant vers le centre de la tige et en se rapprochant les uns des autres. Plus bas ils se rencontrent et s'unissent aussi à des faisceaux voisins.

Après un trajet descendant plus ou moins long, les faisceaux foliaires perdent donc insensiblement leur individualité et passent peu à peu à l'état de faisceaux anastomotiques. Ceux-ci, poursuivant leur parcours vers le bas, se ramifient et s'anastomosent encore de façon à former des mailles allongées dont la direction générale est légèrement oblique de dedans en dehors (fig. 7).

[1] Nous ne nous occuperons ici que du parcours des faisceaux dans les portions de tiges garnies de feuilles végétatives. Un paragraphe spécial sera consacré plus loin au parcours des faisceaux dans la hampe.

Les traces foliaires successives sont *concentriques :* dans une section transversale quelconque du rhizome, on peut en compter ainsi huit plus ou moins complètes. Cette section contient, en outre, de nombreux anastomotiques éparpillés sur toute la surface de la coupe (fig. 3 à 6).

Tradescantia virginica. — Les feuilles végétatives qui garnissent la portion dressée et aérienne des tiges primaires, possèdent de quinze à trente-cinq nervures parallèles. Toutefois, le nombre des faisceaux passant d'une feuille dans la tige ne dépasse pas vingt et un, les autres s'arrêtant dans le limbe ou dans la gaine en se reliant aux faisceaux voisins. Sur la section transversale pratiquée vers le milieu du limbe, on remarque de chaque côté du médian, qui est le plus gros, des faisceaux de taille très différente : ils sont disposés de telle manière que des petits faisceaux se trouvent toujours interposés entre les faisceaux plus gros. Lorsqu'il y a dix-sept faisceaux, la formule est la suivante :

$$m''' \; m'' \; m' \; m'' \; m \; m' \; \mathrm{L} \; i \; \mathrm{M} \; i \; \mathrm{L} \; m' \; m \; m'' \; m' \; m'' \; m'''$$

En suivant ces faisceaux jusqu'au sommet du limbe, on reconnait que le médian reçoit les deux latéraux près du sommet; que les marginaux *m* et les intermédiaires *i* s'unissent aux latéraux; que les marginaux *m'* se jettent sur les marginaux *m*, les marginaux *m''* sur les *m'*, et ainsi de suite. Tous ces faisceaux sont d'autant plus courts qu'ils appartiennent à un ordre plus élevé. (Voyez Mémoire sur le *Tradescantia virginica*, fig. 199, et comparez à la fig. 9 du présent travail.)

En pénétrant dans la tige, les faisceaux venant d'une même feuille se rapprochent inégalement du centre : les uns s'enfonçant davantage sont dits « internes », les autres restant près de la périphérie sont dits « externes ». La trace foliaire est donc *étoilée.* (Voyez Mémoire sur le *Tradescantia*, fig. 131, 133, 134 136.) La section transversale d'un entre-nœud montre, en outre, des faisceaux anastomotiques nettement localisés : ils sont les

uns internes, c'est-à-dire situés en dedans de la trace foliaire, les autres externes, c'est-à-dire situés en dehors de cette trace.

Après un trajet plus ou moins long descendant dans la tige, les faisceaux foliaires perdent brusquement leur individualité : les foliaires internes se jettent sur les anastomotiques internes, les foliaires externes sur les anastomotiques externes. Tous les déplacements et les anastomoses de faisceaux s'opèrent dans les nœuds; dans les entre-nœuds le trajet est toujours rectiligne (Tradescantia, fig. 129 et 130).

Les traces foliaires successives sont *entrecroisées :* dans une section transversale d'un entre-nœud quelconque, on ne peut en compter que deux, encore la seconde est-elle assez incomplète [1]. Quant aux anastomotiques, les internes, toujours peu nombreux, sont groupés au centre, les externes forment un cercle à la périphérie.

Conclusion. — Le parcours des faisceaux est totalement différent dans les deux plantes comparées.

La disposition des faisceaux dans le limbe et leur mode de terminaison au sommet de la feuille présentent un contraste d'autant plus surprenant que la forme, les dimensions et l'aspect des feuilles sont presque identiques dans les deux espèces.

Les traces foliaires sont circulaires et concentriques dans le rhizome du Chlorophytum; elles sont étoilées et entrecroisées dans la tige du Tradescantia. Les faisceaux foliaires du premier passent insensiblement à l'état de faisceaux anastomotiques; dans la seconde, la distinction entre foliaires et anastomotiques est absolue.

Dans le Chlorophytum, les faisceaux foliaires se comportent tous sensiblement de la même manière; les faisceaux anastomotiques sont éparpillés et forment de grandes mailles dirigées obliquement vers l'extérieur en descendant. Dans le Tradescantia,

[1] Dans le *Tinantia* et dans d'autres Commélinées à grosse tige, le nombre des traces foliaires plus ou moins complètes, visibles à un même niveau, est plus considérable.

les foliaires sont les uns internes, les autres externes; il en est de même des anastomotiques qui forment deux groupes distincts, l'un au centre, l'autre à la périphérie, l'un et l'autre à trajet vertical s'anastomosant seulement aux nœuds.

Dans le Chlorophytum, on peut donc dire que le trajet de tous les faisceaux du rhizome présente deux courbures, l'une de dehors en dedans, l'autre de dedans en dehors. Dans le Tradescantia, les faisceaux externes seuls font retour à la périphérie.

§ 2. — BOURGEON TERMINAL.

Chlorophytum elatum. — Les premières feuilles de chaque pousse primaire sont séparées par des angles phyllotaxiques correspondant à une demi-circonférence environ; pour les dernières feuilles végétatives, l'angle est réduit à un tiers de circonférence. Bien que rampant sur le sol, le rhizome ne manifeste pas de dorsiventralité bien apparente.

Dans une trace foliaire du rhizome, aussi bien que dans le limbe d'une feuille, les faisceaux se différencient progressivement à partir du médian jusqu'aux deux marginaux les plus rapprochés des bords; aucun faisceau ne s'intercale plus tard entre les premiers formés.

Pas de périméristème.

Tradescantia virginica. — Les feuilles sont distiques, mais toutes plus ou moins refoulées du côté opposé à la tige mère (fig. 283, 284). La tige présente une dorsiventralité très évidente dans sa partie inférieure, beaucoup atténuée dans sa partie supérieure. Ce fait semble provenir d'une cause mécanique : la pression exercée par la tige mère sur le bourgeon axillaire (1).

Dans une trace foliaire de la tige, aussi bien que dans le limbe d'une feuille, les faisceaux se différencient dans l'ordre

(1) Dans le *Tradescantia fluminensis*, dont les tiges sont rampantes, la dorsiventralité est plus marquée et se manifeste par une certaine asymétrie des traces foliaires et de quelques faisceaux anastomotiques (fig. 143, 144, 147).

suivant : médian, latéraux, marginaux *m*, intermédiaires *i*, marginaux *m'*, *m''*, *m'''*, etc..... Le premier formé est le plus gros, les autres sont de taille de plus en plus réduite ; les petits s'intercalent successivement entre les gros.

Pas de périméristème.

Conclusion. — La dorsiventralité de la tige du Tradescantia ne se retrouve pas dans le Chlorophytum. Cela paraît provenir de ce que les bourgeons axillaires de la première de ces plantes sont fortement comprimés entre la tige mère et la feuille dont la gaine est close et assez longue, tandis que le bourgeon de remplacement de la seconde n'est pas comprimé parce qu'il naît entre une hampe assez grêle et une feuille qui n'a pas de gaine close ; très vigoureux dès le début, le bourgeon de remplacement continue la direction du rhizome, la hampe lui cède la place (fig. 1 et 6).

L'ordre de différenciation des faisceaux confirme les notations qui leur ont été données d'après leur position et leur parcours.

§ 3. — INSERTION DES BOURGEONS AXILLAIRES (1).

Chlorophytum elatum. — Les faisceaux gemmaires sont ceux qui, descendant des premières feuilles d'un bourgeon, pénètrent dans le rhizome. Dès leur entrée dans ce dernier organe, ils forment un groupe situé en dedans des faisceaux de la feuille axillière dans le voisinage des LML. Ils se dirigent obliquement vers le centre comme les faisceaux foliaires, puis peu à peu ils s'anastomosent avec ceux-ci (fig. 7, 4 et 5). Le nombre des faisceaux provenant d'un même bourgeon est d'autant plus élevé, et leur trajet dans le rhizome est d'autant plus long que le bourgeon est plus vigoureux. Les gemmaires parcourent toujours l'étendue de plusieurs entre-nœuds.

(1) Il ne sera question dans ce paragraphe que de l'insertion des bourgeons axillaires situés dans l'aisselle des feuilles végétatives. Ceux situés dans l'aisselle des bractées appartiennent à la hampe : leur insertion très spéciale a été décrite p. 27.

Tradescantia virginica. — A la base d'un bourgeon, comme partout ailleurs, il y a des faisceaux internes et des faisceaux externes. Les premiers, en pénétrant dans la tige mère, forment une ceinture gemmaire interne qui entoure les anastomotiques internes de la tige et s'unit avec eux; de même les seconds forment une ceinture gemmaire externe qui enveloppe les anastomotiques externes de la tige et se met en rapport avec eux. Ces deux ceintures sont réunies l'une à l'autre par quelques arcs rayonnants et forment un diaphragme nodal (fig. 122, 132, 135). Les faisceaux gemmaires ne sont donc visibles qu'au nœud : ils ne descendent jamais dans l'entre-nœud au-dessous.

Conclusion. — L'insertion des bourgeons axillaires se fait donc d'une façon totalement différente dans les deux espèces étudiées : la seconde possède des diaphragmes nodaux; la première n'en possède pas.

§ 4. — INSERTION DES RACINES ADVENTIVES.

Chlorophytum elatum. — Des racines adventives apparaissent tout le long du rhizome. Au moment de l'apparition relativement tardive de ces organes, il y a formation à la périphérie du cylindre central du rhizome de faisceaux radicifères rayonnants, lesquels s'unissent aux faisceaux périphériques et à ceux situés un peu plus profondément (fig. 26 à 27).

Tradescantia virginica. — Des racines adventives ne se forment qu'aux nœuds de la portion souterraine des tiges primaires. Leur insertion s'opère par l'intermédiaire de quelques faisceaux radicifères disposés en éventail et s'unissant aux faisceaux périphériques de la tige (fig. 137, 138).

Conclusion. — L'insertion des racines adventives ne présente pas de différence notable dans les deux cas examinés.

§ 5. — HISTOLOGIE.

Chlorophytum elatum. — a) *Faisceaux :* Dans un même faisceau, la composition du bois varie notablement selon le point occupé par le faisceau par rapport au centre de la tige. Aussi, dans le rhizome, l'aspect des faisceaux (à double courbure) se modifie-t-il complètement aux divers niveaux de leur parcours, tandis que dans la hampe l'aspect des faisceaux (à trajet rectiligne) reste constant.

Dans le rhizome, les éléments ligneux sont des trachées annelées, des trachées spiralées, des vaisseaux aréolés longs en moyenne de 2 millimètres environ. Dans la hampe, les faisceaux possèdent tous des trachées, et les vaisseaux, dont la longueur moyenne atteint 4 à 5 millimètres, sont scalariformes au lieu d'être aréolés.

b) *Système fondamental :* La région interfasciculaire est occupée par un parenchyme incolore qui, dans la hampe, passe insensiblement à un anneau de sclérenchyme formant gaine mécanique à la périphérie du cylindre central.

La région corticale, d'ordinaire, ne montre pas de phlœoterme différencié. Dans le rhizome, le parenchyme cortical se recloisonne mais n'affecte pas la disposition rayonnante; une mince couche de suber décortique l'épiderme.

De nombreuses cellules à raphides sont éparpillées dans le parenchyme interfasciculaire, aussi bien que dans le parenchyme cortical. Ces cellules sont courtes, isolées ou superposées en petit nombre; elles contiennent de la gomme; elles ne projettent pas leur contenu lorsque la plante est blessée.

Dans certains milieux de culture, les caractères histologiques sont notablement modifiés : le phlœoterme devient nettement reconnaissable, soit à des plissements subérisés, soit à des épaississements sclérifiés; d'autres éléments du système fondamental et des faisceaux peuvent également se sclérifier.

Tradescantia virginica. — a) *Faisceaux :* L'aspect d'un même faisceau ne se modifie pas aux divers niveaux de son parcours, lequel est rectiligne dans les entre-nœuds. Les éléments ligneux sont des trachées annelées, spiro-annelées ou spiralées et des vaisseaux annelés. Dans la tige aérienne, ces éléments se détruisent de bonne heure dans tous les faisceaux foliaires et anastomotiques internes, et laissent à leur place une lacune aquifère. Dans le rhizome, les éléments ligneux restent intacts, et il n'y a de lacune dans aucun faisceau.

b) *Système fondamental* : La région interfasciculaire est occupée par un parenchyme incolore qui passe insensiblement à une gaine mécanique de sclérenchyme dans la tige aérienne.

Dans la région corticale, le phlœoterme est partiellement différencié dans le rhizome seulement. Cet organe montre, au dos de chaque faisceau périphérique, un petit arc de cellules dont les cloisons radiales sont plissées. Dans le rhizome aussi, le parenchyme cortical profond est recloisonné tangentiellement en direction centripète et affecte par suite une disposition nettement rayonnante; l'épiderme est décortiqué par une mince couche de suber. Dans la tige aérienne, des massifs de collenchyme existent sous l'épiderme qui est persistant.

De nombreuses cellules à raphides existent dans le parenchyme interfasciculaire et le parenchyme cortical. Ces cellules, très longues dans la tige aérienne surtout, sont superposées en files longitudinales occupant toute la longueur des entre-nœuds. Elles contiennent un mucilage abondant et sous pression. Leurs cloisons transversales sont si minces que toutes celles d'une même file se perforent dès que l'une des cellules de la file a été entamée. D'où projection immédiate de mucilage et de raphides à chaque blessure faite à la plante.

Conclusion. — Pour comparer facilement la composition histologique d'une plante à la composition histologique d'une autre, il faudrait pouvoir rapprocher deux coupes parfaitement comparables à tous les points de vue. Le Chlorophytum et le Tradescantia ne satisfont pas à cette condition, parce que la

région garnie de feuilles végétatives appartient au rhizome dans la première de ces plantes, tandis qu'elle appartient à la tige aérienne dans la seconde. Force nous est donc de comparer les principaux tissus séparément, en les considérant dans l'ensemble d'une pousse primaire.

Le bois dans le Chlorophytum contient des trachées et des vaisseaux aréolés ou scalariformes relativement courts; les éléments ligneux ne se détruisent jamais. Dans le Tradescantia, il y a des trachées et des vaisseaux annelés; les gros faisceaux de la tige aérienne présentent une lacune aquifère résultant de la destruction des éléments ligneux.

Le parenchyme cortical interne du rhizome du Tradescantia se distingue par un développement centripète qui se traduit par des rangées rayonnantes de cellules, aboutissant à des arcs endodermiques au dos des faisceaux périphériques.

Le collenchyme n'existe que dans la tige aérienne du Tradescantia.

Les cellules à raphides sont courtes et souvent isolées dans le Chlorophytum; elles sont très longues et disposées en files longitudinales continues dans le Tradescantia.

Enfin il faut noter que les caractères du phlœoterme, la subérification et la sclérification de divers éléments histologiques, varient selon les circonstances où chaque plante s'est trouvée accidentellement.

§ 6. — PARCOURS DES FAISCEAUX DANS LA HAMPE.

Chlorophytum elatum. — Le rhizome porte des feuilles longues et larges, avec des pousses axillaires réduites à l'état de bourgeons latents (hormis la pousse de remplacement). Aussi le rhizome contient-il de nombreux faisceaux foliaires et de nombreux faisceaux anastomotiques; les gemmaires y sont rares et peu développés. La section transversale d'un entre-nœud montre plusieurs traces foliaires circulaires et concentriques.

La partie supérieure de la hampe, au contraire, produit des

bractées courtes et étroites, avec des pousses axillaires vigoureuses, développées en cymes. Les faisceaux de cette partie de la hampe sont peu nombreux : on compte huit anastomotiques dont le trajet est rectiligne, leur retour à la périphérie ne s'opérant que dans le rhizome; quelques-uns des gemmaires se disposent en cercle périphérique, tandis que les autres s'unissent aux anastomotiques. La section transversale d'un entre-nœud n'offre pas de traces foliaires parce que le faisceau de chaque bractée, dès son entrée dans la hampe, se jette sur l'un des anastomotiques (fig. 41, 43, 45 et 46).

La partie inférieure de la hampe présente des caractères mixtes, c'est-à-dire intermédiaires entre ceux de la partie supérieure et ceux du rhizome (fig. 44).

Tradescantia virginica. — La hampe n'est qu'un entre-nœud dont la structure diffère peu de celle des autres entre-nœuds. On y trouve deux traces foliaires correspondant aux deux bractées foliiformes (fig. 290 et 291).

Conclusion. — Dans le Chlorophytum, le parcours des faisceaux de la hampe contraste singulièrement avec celui des faisceaux du rhizome; l'insertion des bourgeons axillaires est également différente. Un tel contraste n'existe pas dans le Tradescantia, parce que la hampe y est réduite à un seul entre-nœud et que les bractées sont foliiformes.

§ 7. — CYMES.

Chlorophytum elatum. — L'inflorescence comprend un grand nombre de cymes unipares, hélicoïdes, pauciflores (fig. 40 et 42).

Tradescantia virginica. — L'inflorescence consiste seulement en deux cymes unipares, scorpioïdes, multiflores (fig. 293 et 294).

Conclusion. — Différence notable.

RÉSUMÉ.

Les deux plantes que nous avons comparées, bien qu'ayant un facies assez semblable et ne présentant aucun genre d'adaptation spécial (voir plus haut, pp. 31 et 32), diffèrent beaucoup l'une de l'autre au point de vue anatomique.

Les traces foliaires sont totalement différentes : circulaires et concentriques dans le rhizome du *Chlorophytum,* elles sont étoilées et entrecoisées dans la tige du *Tradescantia;* le parcours des faisceaux diffère aussi complètement dans les deux cas (pp. 33 à 36). La dorsiventralité du *Tradescantia* ne se retrouve pas dans le *Chlorophytum* (p 36). L'insertion des bourgeons axillaires offre un contraste complet et bien inattendu (p. 37). L'insertion des racines adventives, au contraire, se fait à peu près de la même manière dans les deux plantes (p. 38).

Celles-ci présentent, en outre, quelques différences histologiques, telles que la formation d'une lacune ligneuse aquifère dans les gros faisceaux de la tige aérienne du *Tradescantia*, le développement centripète du parenchyme cortical interne du rhizome de la même plante et ses très longues cellules à raphides (pp. 39 à 41). La hampe du *Chlorophytum* possède des caractères propres qui en font un organe bien différent de la hampe si peu développée d'ailleurs du *Tradescantia* (p. 41). Les inflorescences sont notablement différentes aussi (p. 42).

Parmi les faits mis en lumière dans ce travail, nous rappellerons encore les suivants : l'organisation du *Chlorophytum* caractérisée par la composition des traces foliaires et le parcours des faisceaux est invariable, quelle que soit la vigueur des axes et des appendices (pp. 9 à 13). Les caractères histologiques, au contraire, sont très notablement influencés par les variations du milieu (pp. 23 et 24). La partie supérieure de la hampe réalise d'une façon très nette le type de structure propre aux axes d'inflorescence, type qui diffère totalement, comme on sait, de

la structure des axes végétatifs (p. 25); la partie inférieure de la hampe réalise un type mixte (p. 26). La feuille du *Chlorophytum*, quoique extérieurement presque identique à celle du *Tradescantia*, possède une nervation très différente (pp. 30 et 35). L'insertion des bourgeons axillaires de la hampe n'est pas la même que l'insertion des bourgeons axillaires du rhizome (pp. 15 et 27) Dans la hampe, les petits faisceaux disposés en cercle à la périphérie du cylindre central sont des gemmaires et non pas des anastomotiques comme ceux qui occupent la périphérie du rhizome avant l'apparition des racines (p. 27). Les vaisseaux sont relativement courts, surtout dans le rhizome : les variations de leur longueur semblent soumises à la loi de Quételet et Galton (pp. 18 et 29). Le phlœoterme présente des caractères très variables selon les conditions dans lesquelles la plante a végété (pp. 20 à 24 et 30).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Nous nous sommes occupés jusqu'ici de la structure de deux espèces seulement : nous allons maintenant étendre notre étude et comparer le type Palmiers et le type Commélinées, puis formuler quelques considérations sur l'organisation générale des Monocotylées et des Dicotylées.

Dans la plupart des tiges, il faut distinguer les faisceaux qui viennent des feuilles, ceux qui descendent des bourgeons ou rameaux axillaires, et enfin ceux qui donnent insertion aux racines adventives. H. Mohl, le premier, a constaté, par la dissection des Palmiers, que les faisceaux de la tige ne sont que la continuation des faisceaux formant les nervures des feuilles. Cette notion importante, parfaitement juste pour la majorité des faisceaux des tiges garnies de feuilles végétatives, a cependant fait perdre de vue les faisceaux gemmaires : il y aurait des recherches spéciales à faire en vue de déterminer la part qui revient à ces faisceaux dans la constitution de certaines tiges, notamment des axes végétatifs ramifiés et des axes d'inflorescences. Quant aux faisceaux radicifères, leur existence et leur rôle ont été mis en lumière par les recherches de M. Mangin.

Partant de l'insertion d'une feuille, H. Mohl vit les faisceaux se diriger vers le centre du stipe des Palmiers en décrivant une courbe à convexité interne, puis cheminer en descendant parallèlement à l'axe dans la région centrale, et finalement se rapprocher de la périphérie pour continuer leur trajet sous l'écorce. C'est ce que montre clairement le schéma qu'il a tracé et qui a été reproduit dans tous les traités de Botanique. Quant à la terminaison inférieure des faisceaux, le schéma ne l'indique point, et on ne s'en préoccupe généralement pas. Mohl dit cependant que les faisceaux revenus à la périphérie et considérablement amincis descendent jusqu'à la base de la tige ou bien se fusionnent avec d'autres faisceaux périphériques auxquels ils se sont unis. Mohl admet que l'organisation des Palmiers se

retrouve dans toutes les Monocotylées, avec des variantes dans le détail de la structure des tissus.

Les travaux de Meneghini, de Lestiboudois et de Nägeli eurent pour résultat de corriger ce que présentait de trop schématique le parcours des faisceaux décrit par H. Mohl. On reconnut que la course descendante des faisceaux ne se fait pas dans un plan vertical, mais qu'il y a des déplacements dans le sens tangentiel, de telle sorte que certains faisceaux décrivent une spirale plus ou moins prononcée. C'est pour cette raison qu'il est impossible de suivre leur trajet dans une coupe radiale. Il fut établi aussi que tous les faisceaux provenant d'une même feuille ne se comportent pas toujours de la même manière : le médian et les plus voisins du médian se rapprochent beaucoup du centre de la tige, tandis que les autres pénètrent d'autant moins profondément qu'ils sont plus éloignés du médian. On a constaté, enfin, que tous les faisceaux ne font pas retour à la périphérie ; qu'il y en a, au contraire, un certain nombre qui s'anastomosent dans la région la plus profonde de la tige. Ces faisceaux n'ont donc pas l'indépendance qu'on leur attribuait : ils se jettent les uns sur les autres et forment de véritables sympodes [1].

Ce dernier point a été confirmé par les observations consignées dans l'important mémoire que M. Falkenberg a consacré à l'anatomie des organes végétatifs des Monocotylées : il a constaté dans le *Typha*, l'*Acorus*, le *Chamædorea* et diverses Broméliacées, que les faisceaux se rencontrent et s'anastomosent avant d'atteindre la périphérie du cylindre central.

(1) Dès 1840, Lestiboudois décrivait et figurait ces anastomoses dans l'*Yucca*, le *Pandanus* et divers Palmiers. On a trop perdu de vue ces faits, peut-être parce qu'ils ont été énoncés d'une façon défectueuse. Au lieu de les rattacher simplement au parcours des faisceaux, Lestiboudois leur attribuait un rôle dans l'accroissement de la tige des Monocotylées. (*Études sur l'anatomie et la physiologie des végétaux*, 1840, pp. 147, 149, 150, 210, pl. XVII, XVIII et XXI. La fig. 2 de la pl. XVII, *Yucca aloïfolia*, est particulièrement démonstrative.)

Dans ce même mémoire, M. Falkenberg a ramené toutes les Monocotylées à trois types définis par le cours de leurs faisceaux : le premier est formé par les Monocotylées submergées dont la tige ne possède qu'un seul « faisceau axile » ([1]); le deuxième correspond au type Palmier de H. Mohl; le troisième est caractérisé par ce fait que les faisceaux ne retournent pas à la périphérie. Dans ce dernier type sont rangés le *Tradescantia* et les parties aériennes de *Lilium*, de *Tulipa*, de *Fritillaria*, de *Cephalanthera*, d'*Epipactis* et d'*Hedychium*.

Il est donc inexact de se figurer, comme on est porté à le faire sous l'influence du schéma décrit et figuré d'une façon trop simplifiée dans les traités élémentaires, les faisceaux des Monocotylées comme tous équivalents, tous parfaitement continus et libres depuis leur entrée dans la tige jusqu'à leur terminaison à la périphérie du cylindre central ([2]).

Dans les tiges monocotylées, particulièrement dans les rhizomes, il y a lieu de distinguer la portion *foliaire* et la portion *anastomotique* des faisceaux : dans la première, le faisceau descendant d'une feuille garde toute son individualité; dans la seconde, il l'a perdue en s'unissant à d'autres faisceaux. Sans doute, dans les Palmiers à gros stipe, beaucoup de faisceaux sont à l'état foliaire sur une étendue considérable correspondant aux deux courbures et à l'état anastomotique dans une petite étendue correspondant à leur trajet périphérique. Mais dans les tiges d'un diamètre relativement faible par rapport aux feuilles végétatives qu'elles portent, la portion foliaire est réduite à la première courbure, la portion anastomotique correspondant à tout le reste du trajet. Tel est le cas du rhizome de *Chloro*-

([1]) Aujourd'hui, il faut admettre avec M. C.-E. Bertrand (*Archives botaniques du Nord de la France*, t. I, p. 27), chez les Monocotylées submergées, non pas un faisceau axile, mais une fusion plus ou moins complète de tous les faisceaux rapprochés du centre de la tige.

([2]) Les ouvrages élémentaires devraient s'abstenir de traiter certaines questions qu'ils ne peuvent développer suffisamment et mettre à la portée des commençants : la structure comparée des Monocotylées et des Dicotylées est, pensons-nous, de ce nombre.

phytum décrit dans le présent travail. Lorsque les tiges sont plus effilées encore, les foliaires perdent leur individualité peu après leur entrée dans la tige en se jetant sur un des anastomotiques. Ceux-ci ont un très long trajet rectiligne; ils opèrent finalement leur retour à la périphérie dans la partie souterraine. Nous en avons vu un exemple dans la hampe du *Chlorophytum*. On peut observer tous les intermédiaires entre le type réalisé par les plus gros stipes des Palmiers et celui des hampes les plus effilées.

Les Commélinées n'appartiennent pas au type III tel que M. Falkenberg l'a défini : elles forment réellement un type à part. Ce type, dérivé, lui aussi, du type général des Monocotylées, est caractérisé par l'existence de deux sortes de foliaires et de deux sortes d'anastomotiques, les faisceaux foliaires externes faisant seuls retour à la périphérie, comme il a été expliqué par l'un de nous dans le mémoire sur le *Tradescantia virginica*. Dans le type Commélinées aussi, la distinction entre les faisceaux foliaires et les faisceaux anastomotiques est particulièrement nette; le passage des premiers aux seconds se fait brusquement et non pas graduellement comme dans le *Chlorophytum* et la plupart des Monocotylées.

Il est une catégorie de faisceaux dont quelques auteurs font souvent mention soit dans les tiges du type Commélinées, soit dans celles du type Palmiers : nous voulons parler des faisceaux dits « propres à la tige ». Dans le *Tradescantia*, il a été démontré qu'il n'y a pas de faisceaux propres à la tige et que les faisceaux ainsi nommés sont en réalité les faisceaux anastomotiques externes. Le *Chlorophytum* nous fournit l'occasion de revenir sur ce sujet. Les sections transversales pratiquées dans les entre-nœuds de la hampe de cette plante montrent, en effet, certains petits faisceaux périphériques situés sous le phlœoterme ou dans la gaine mécanique de sclérenchyme. Ces faisceaux nous paraissent semblables à ceux qui existent dans le *Ruscus Hypoglossum* et l'*Asparagus scaber* et qui ont été considérés comme propres à la tige par M. Falkenberg. Or, dans le *Chlorophytum*, nous avons trouvé que les petits faisceaux périphériques repré-

sentent une partie des faisceaux qui descendent des rameaux axillaires de la hampe ou des cymes situés dans l'aisselle des bractées. Ce sont donc des gemmaires. Ceci confirme l'opinion émise au sujet du *Tradescantia*, à savoir que, sous le nom de faisceaux propres à la tige, on a désigné des faisceaux de nature diverse selon les espèces étudiées ([1]).

En insistant sur la distinction qu'il convient de faire entre les faisceaux foliaires et les faisceaux anastomotiques, nous avons voulu montrer non seulement les affinités qui lient les divers types monocotylés les uns aux autres, mais encore les rapports existant entre les Monocotylées et les Dicotylées au point de vue du parcours des faisceaux. Généralement, dans ces dernières, les faisceaux sont peu nombreux, les foliaires et les anastomotiques se distinguent très nettement : les premiers s'enfoncent peu profondément dans la tige et n'ont qu'un court trajet; les seconds sont disposés en un cercle autour de la moelle ([2]).

La différence entre les deux classes d'Angiospermes n'est donc pas absolue. On connaît d'ailleurs certaines tiges dicotylées dont

([1]) *Loc. cit.*, pp. 75 et suivantes.

([2]) Les Dicotylées se distinguent encore par l'activité du cambium producteur de tissus libéro-ligneux secondaires. Dans les Monocotylées, des cellules cambiales à cloisonnement tangentiel peuvent s'observer entre le bois et le liber des faisceaux, mais ces cellules restent à peu près improductives. Quelques exemples en ont été signalés par Mœbius en 1886, par Mlle S. Andersson en 1889, par M. C. Quéva en 1894 dans les Dioscorées et les Liliacées, enfin par M. A. Gravis en 1898 dans les *Tradescantia virginica*. Ces observations sont corroborées par la découverte que M. C. Quéva a faite plus récemment d'une véritable production de bois secondaire et de liber secondaire dans les faisceaux des tubercules du *Gloriosa superba*. « Nous sommes donc autorisés, dit-il, à regarder les Monocotylédonées comme dérivant de Dicotylédonées inférieures chez lesquelles la zone cambiale des faisceaux aurait subi une extinction précoce, le nombre des faisceaux de la trace foliaire devenant très élevé et la feuille s'insérant largement sur la tige. » (C. Quéva, *Sur un cas d'accroissement secondaire dans les faisceaux primaires d'une plante monocotylédonée*, Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Saint-Étienne, 1897, p. 446.)

la section transversale offre des faisceaux assez nombreux et éparpillés. Dans ces tiges, le trajet des foliaires s'est allongé et leur courbure vers le centre s'est accentuée; par contre, les anastomotiques ont perdu de leur importance comme formations primaires (*Phytolacca*, *Amarantus*, *Thalictrum*).

Malgré cette conformité générale, le parcours des faisceaux se diversifie de façon à donner naissance à plusieurs types susceptibles, semble-t-il, de caractériser les principaux groupes de plantes angiospermes. Malheureusement, la connaissance exacte d'un parcours de faisceaux exige de longues recherches, et l'on a objecté que celles-ci ne paraissent nullement en rapport avec les résultats acquis jusqu'ici. A la vérité, dans ces questions qui devraient porter sur l'ensemble d'une organisation, on a trop souvent décrit minutieusement une région particulière *sans dégager suffisamment le plan fondamental*. C'est ce que M. O. Lignier a déjà parfaitement fait ressortir en attirant l'attention sur l'importance du système libéro-ligneux foliaire, qu'il nomme mériphyte, et en montrant que le détail des contacts avec les anastomotiques doit être négligé parce qu'il est sans influence sur le plan fondamental. Nous avons, de notre côté, insisté sur la composition et l'agencement des traces foliaires, sur leur position relativement aux faisceaux anastomotiques ([1]). L'étude des traces foliaires, en effet, nous paraît résumer ce qu'il y a d'intéressant dans la connaissance du parcours des faisceaux dans les tiges, c'est-à-dire ce qu'il y a de plus constant et de plus caractéristique. En procédant ainsi, l'énoncé des parcours de faisceaux se simplifie et conduit à des résultats encourageants.

Qu'il nous soit permis, en terminant, de faire remarquer que les différences si nettes, qui ont été signalées dans ce travail, entre la structure du *Chlorophytum* et celle du *Tradescantia*, ne consistent pas en détails histologiques, mais qu'elles tiennent à l'ensemble de l'organisation, à ce qu'on pourrait appeler l'archi-

([1]) Une trace foliaire n'est, en somme, que la portion inférieure d'un mériphyte, celle qui est comprise dans la tige.

tecture de ces plantes, architecture qui évidemment est en rapport intime avec l'arrangement des faisceaux dans les tiges et les feuilles. Or, il s'agit de deux espèces appartenant à des familles assez voisines, et nous savons déjà que chacune d'elles peut être considérée comme réalisant assez exactement le type même de la famille dont elle fait partie.

Quant aux caractères histologiques proprement dits, notamment ceux des feuilles, leur emploi en Botanique systématique semble devoir être réservé aux diagnoses spécifiques, selon les idées de Vesque. Ainsi s'établirait une sorte de subordination des caractères anatomiques applicables à la classification, subordination analogue à celle des organes floraux admise, depuis A.-L. de Jussieu, comme fondement de la méthode naturelle.

PLANCHES.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

CHLOROPHYTUM ELATUM.

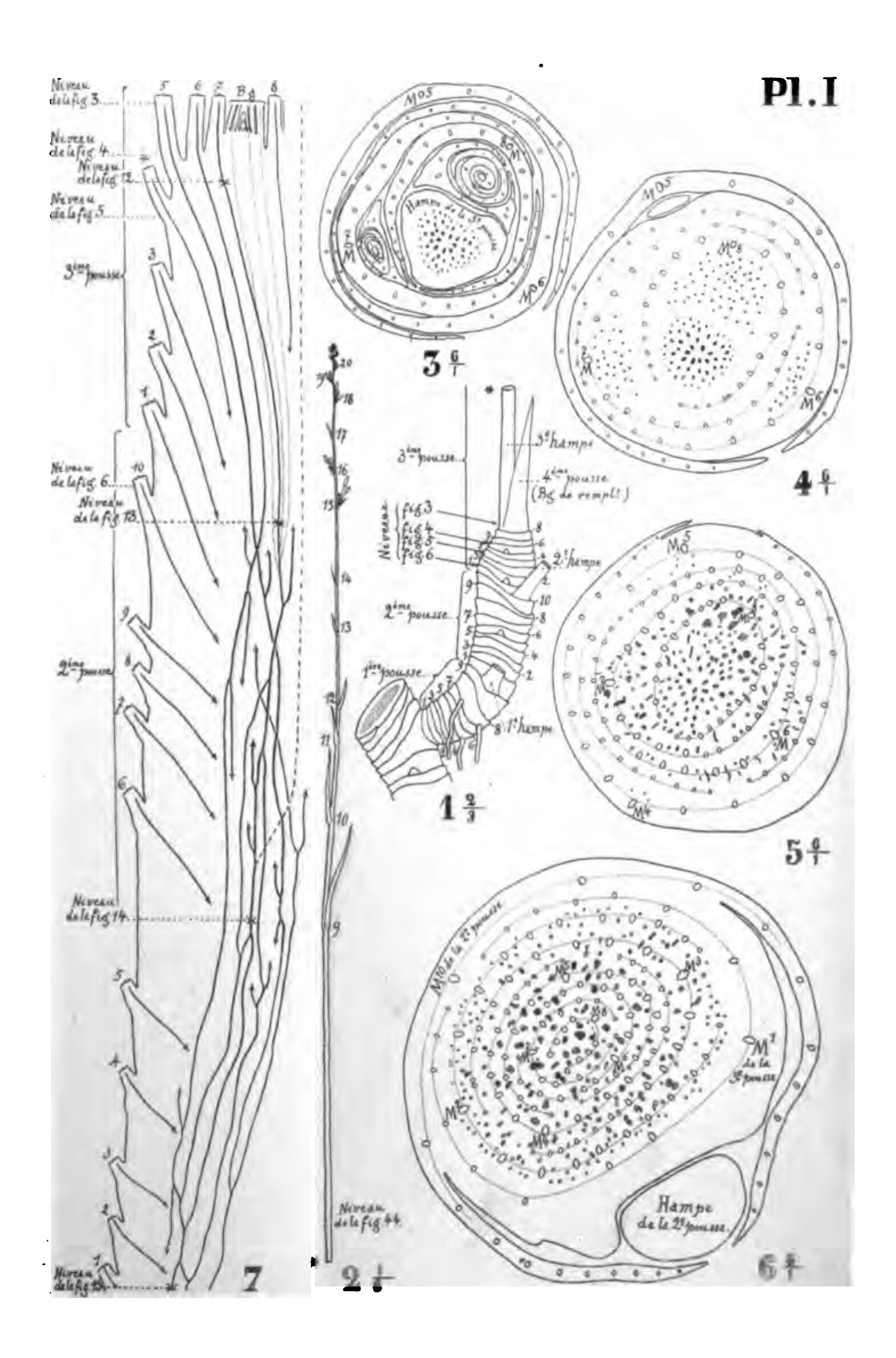
Rhizome.

Fig. 1. — Rhizome formé de quatre pousses disposées en sympode, la plus jeune étant encore à l'état de bourgeon de remplacement. Toutes les feuilles ont été détachées au niveau de leur insertion, sauf celles du bourgeon (pp. 7 et 8).

Fig. 2. — Hampe au début de la floraison : c'est la troisième hampe du rhizome précédent, mais réduite davantage (pp. 8 et 25).

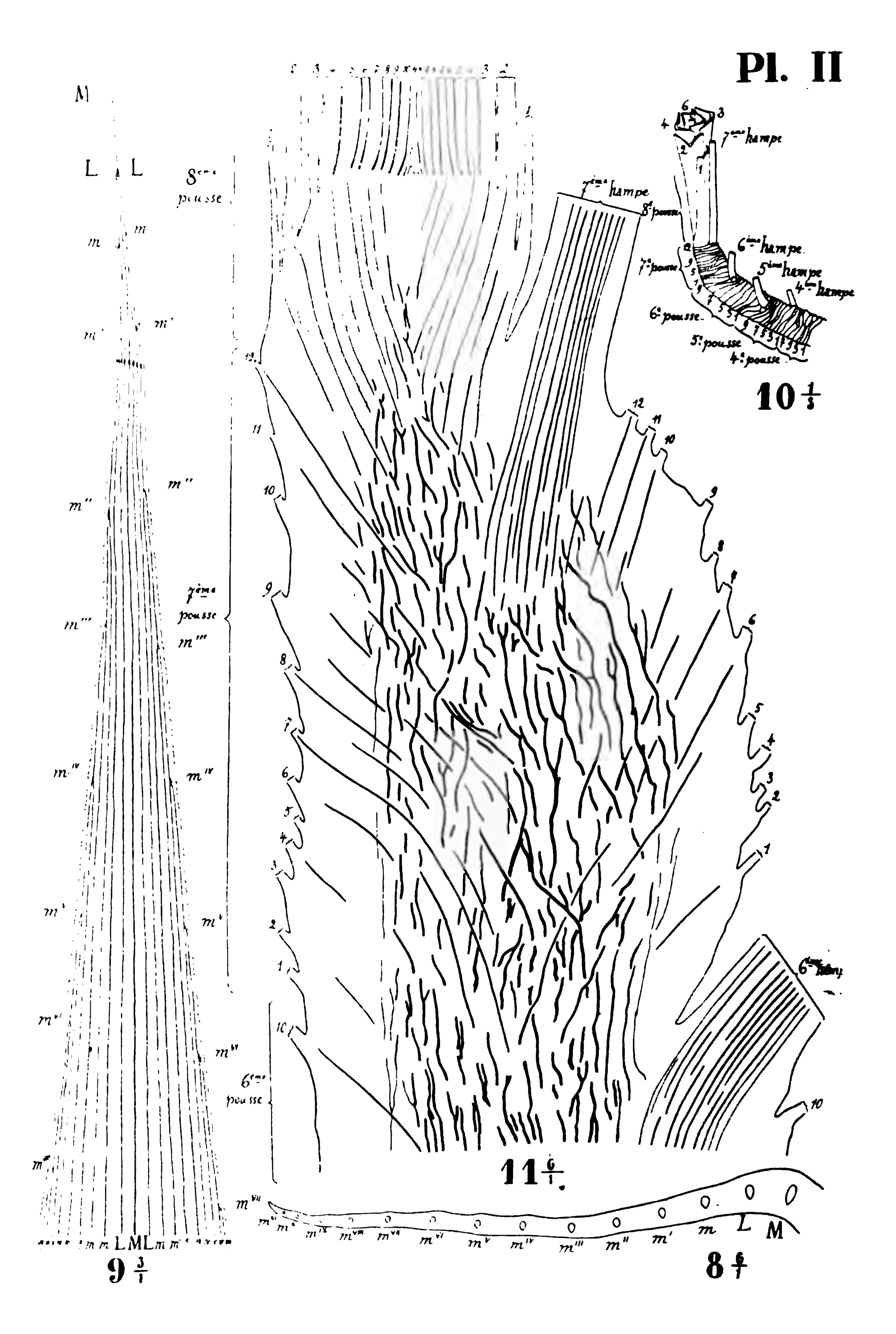
Fig. 3, 4, 5 et 6. — Coupes transversales pratiquées dans la troisième pousse du rhizome représenté par la figure 1. Pour l'indication des niveaux, voir la figure 1. Le médian de chaque trace foliaire est indiqué par M (pp. 9 à 13).

Fig. 7. — Parcours des faisceaux M, m^{VII} et m' provenant respectivement des feuilles 7, 6 et 5 de la troisième pousse du rhizome représenté par la figure 1. Le trajet de ces faisceaux est reproduit tel qu'il serait visible dans une longue section radiale du rhizome (p. 11).



A. GRAVIS ad. nat. del.

CHLOROPHYTUM ELATUM. Rhizome.



A. GRAVIS ad. nat. del.

CHLOROPHYTUM ELATUM. Rhizome.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

CHLOROPHYTUM ELATUM.

Rhizome.

Fig. 8. — Moitié de la section transversale pratiquée au milieu du limbe d'une feuille adulte (p. 10).

Fig. 9. — Extrémité de la même feuille rendue transparente montrant la nervation (p. 10).

Fig. 10. — Portion d'un rhizome dont les feuilles ont été détachées au niveau de leur insertion. Toutefois la partie inférieure des feuilles de la huitième pousse a été maintenue (p. 14).

Fig. 11. — Coupe longitudinale radiale dans la septième et la huitième pousse du rhizome précédent (p. 14).

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

CHLOROPHYTUM ELATUM.

Rhizome.

FIG. 12 à 15. — Coupes transversales d'un même faisceau à divers niveaux de son parcours. Ces niveaux sont indiqués dans la figure 7 (pp. 17 et 18).

FIG. 16. — Portions de trachées annelées et spiralées étirées (p. 17).

FIG. 17. — Portions de trachées non étirées (p. 17).

FIG. 18. — Portions de vaisseaux aréolés (p. 18).

FIG. 19. — Un vaisseau aréolé isolé, entier, de longueur moyenne, soit $2^{mm},2$ (p. 18 en note).

FIG. 20. — Ponctuations aréolées d'un vaisseau vues de face (p. 18).

FIG. 21. — Idem en coupe longitudinale (p. 18).

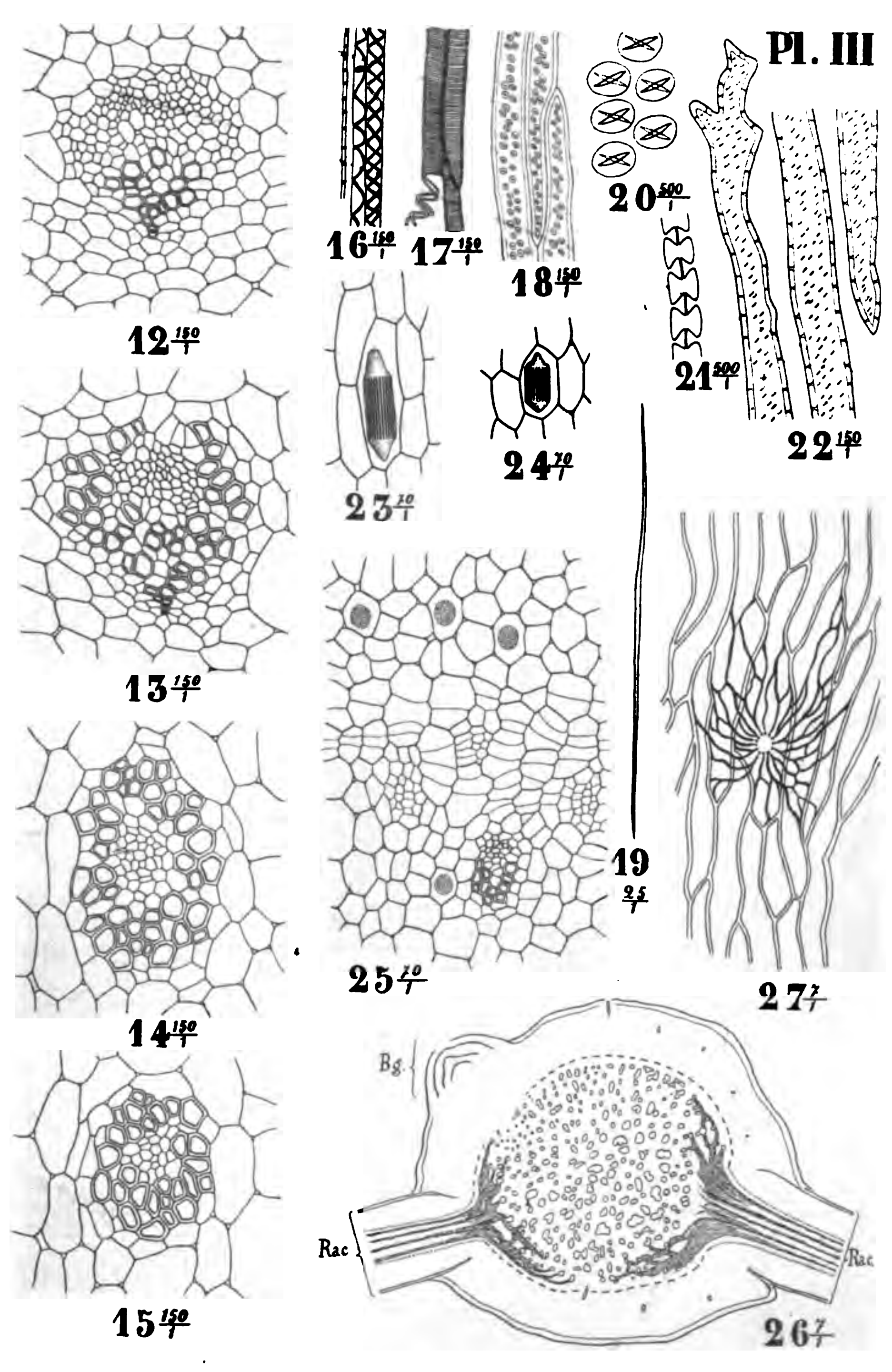
FIG. 22. — Portions d'un vaisseau aréolé dissocié par la macération de Schultze (p. 18 en note).

FIG. 23 et 24. — Cellules à raphides dans une coupe longitudinale (p. 20).

FIG 25. — Coupe transversale à la limite du cylindre central et de l'écorce du rhizome dans le voisinage d'une jeune racine adventive (p. 16).

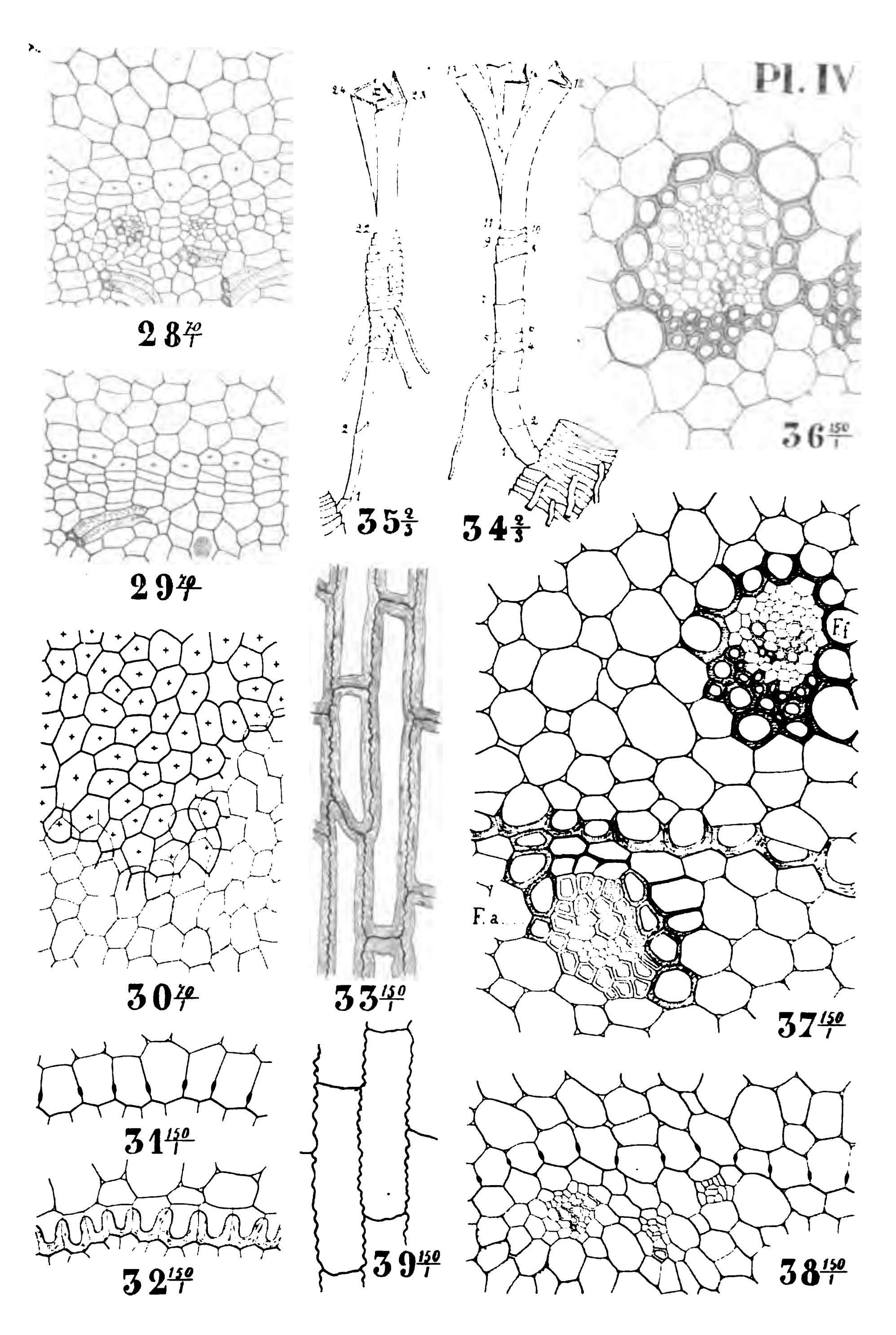
FIG. 26. — Section d'un vieux rhizome montrant l'insertion de deux racines et le réseau radicifère. La ligne en traits interrompus représente l'assise subérisée qui fait suite à l'endoderme des racines, lequel est indiqué en pointillé (p. 22).

FIG. 27. — Coupe tangentielle montrant les faisceaux radicifères correspondant à l'insertion d'une racine adventive (p. 17).



A. GRAVIS ad. nat. del.

CHLOROPHYTUM ELATUM. Rhizome.



A. GRAVIS ad. nat. del.

CHLOROPHYTUM ELATUM. Rhizome.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

CHLOROPHYTUM ELATUM.

Rhizome.

Fig. 28 et 29. — Assise de cellules subérisées à la périphérie du cylindre central d'un vieux rhizome. Les cellules à parois subérisées sont indiquées par des croix (p. 21).

Fig. 30. — La même assise dans une coupe tangentielle du rhizome (p. 21).

Fig. 31. — Endoderme d'une jeune racine, coupe transversale (p. 22 en note).

Fig. 32. — Idem d'une vieille racine coupée transversalement (p. 22 en note).

Fig. 33. — Idem d'une vielle racine coupée tangentiellement (p. 22 en note).

Fig. 34 et 35. — Tiges grêles résultant du développement de bourgeons latents situés sur de vieux rhizomes enterrés lors d'un repiquage (p. 23).

Fig. 36 à 39. — Histologie (p. 24).

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

CHLOROPHYTUM ELATUM.

Hampe.

Fig. 40. — Un segment de la partie supérieure de la hampe (segment ^{19}), avec une cyme dans l'aisselle de la bractée (p. 27). Voyez figure 2.

Fig. 41. — Entre-nœud ^{19} (p. 26).

Fig. 42. — Nœud ^{19} (p. 26).

Fig. 43. — Base de l'entre-nœud ^{20} : dans l'aisselle de la bractée se trouve la cyme dont les bractéoles sont indiquées par des chiffres arabes et les pédoncules floraux par des chiffres romains (p. 26).

Fig. 44. — Entre-nœud le plus inférieur de la hampe, soit entre-nœud ^{9} de la pousse (p. 27).

Fig. 45. — Entre-nœud ^{26} de la même hampe (p. 26). — Les niveaux correspondants à ces deux coupes sont indiqués dans la figure 2.

Fig. 46. — Parcours des faisceaux dans les segments 19 à 29 de la hampe : celle-ci est supposée fendue et étalée (p. 26).

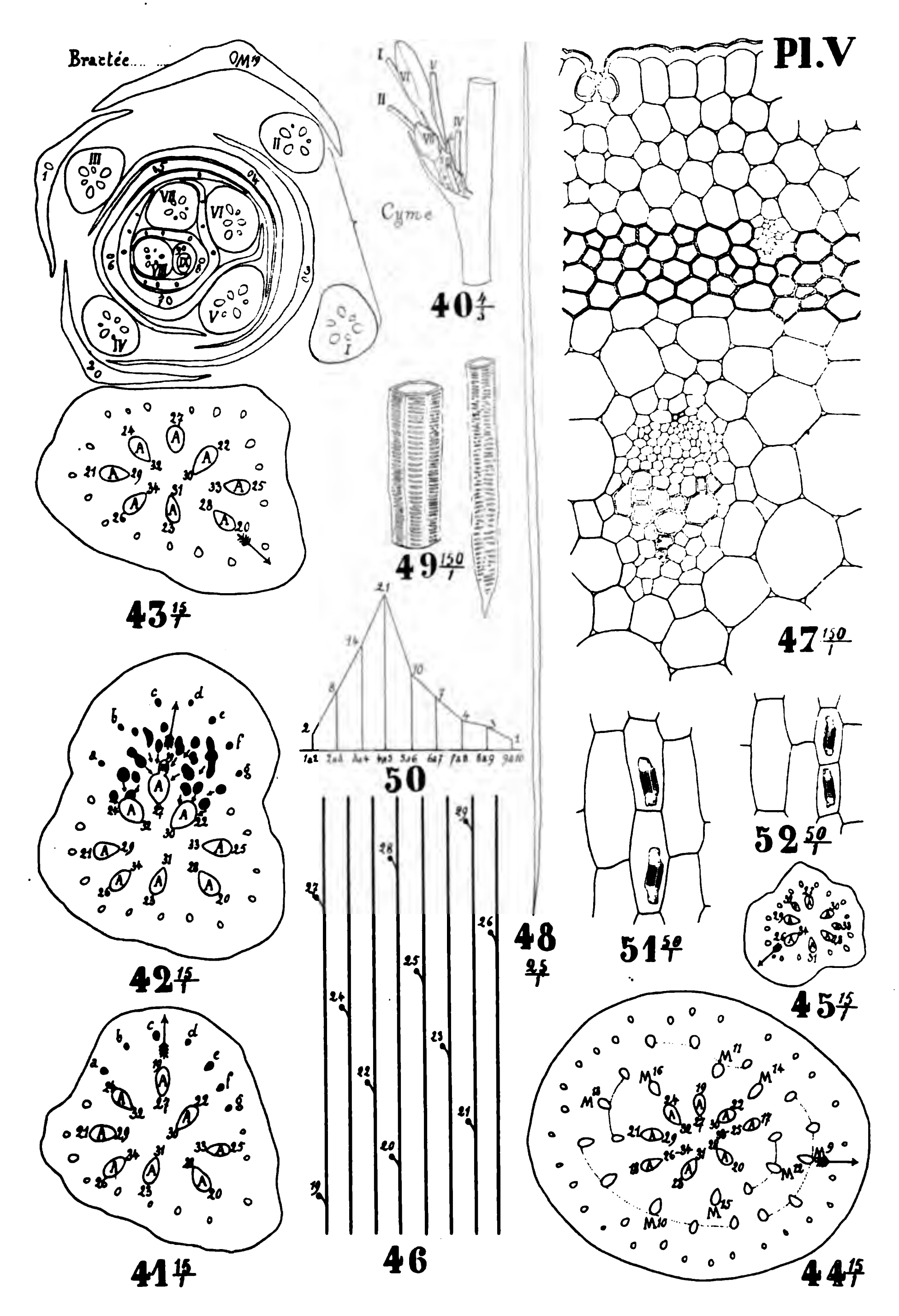
Fig. 47. — Histologie de la hampe (pp. 29 et 30).

Fig. 48. — Un vaisseau scalariforme, entier, isolé par la macération de Schultze, de longueur moyenne, soit $4^{mm},7$ (p. 29 en note).

Fig. 49. — Portions de ce vaisseau grossi (p. 29 en note).

Fig. 50. — Courbe exprimant la longueur de 70 vaisseaux exactement mesurés après dissociation (p. 29 en note).

Fig. 51 et 52. — Cellules cristalligènes dans une coupe longitudinale (p. 30).



A. GRAVIS ad. nat. del.

CHLOROPHYTUM ELATUM. Hampe.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

ANATOMIE DU *CHLOROPHYTUM ELATUM* (AIT.).

CHAPITRE PREMIER.

Le rhizome.

CHAPITRE II.

La hampe.

SECONDE PARTIE.

COMPARAISON DU *CHLOROPHYTUM ELATUM* (AIT.) ET DU *TRADESCANTIA VIRGINICA* L.

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE ANATOMIQUE

DES

ORGANES VÉGÉTATIFS ET FLORAUX

chez CARLUDOVICA PLICATA Kl.

PAR

Henri MICHEELS,

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES

Carludovica, le même auteur avait été amené à supposer que ce genre constituait le chaînon rattachant les Palmiers aux Pandanacées (**9**, p. 594).

Les botanistes divisent la famille des Cyclanthacées en deux tribus : 1° celle des Carludovicées, caractérisée par ses fleurs mâles à pédicelles isolés, groupées par quatre, ainsi que par ses fleurs femelles à quatre très longs staminodes filamenteux; 2° celle des Cyclanthées, où les fleurs mâles et les fleurs femelles forment des anneaux ou des spirales alternants, suivant lesquels les fleurs d'un même sexe ne sont pas nettement séparées les unes des autres. Dans cette dernière tribu, les fleurs femelles portent une couronne de staminodes plus courts que l'enveloppe florale (**10**, p. 98)

La tribu des Carludovicées ([1]), d'après O. Drude (**10**, p. 99). comprend les cinq genres :

Carludovica R. et P.,
Evodianthus Oerst.,
Stelestylis Dr.,
Sarcinanthus Oerst.,
Ludovia Brongn.

Celle des Cyclanthées est formée du seul genre *Cyclanthus* Poit. (*Cyclosanthes* Pöpp., *Discanthus* Sprc.). D'après H. Baillon (**1**, p. 417), on ne connait que trois ou quatre *Cyclanthus*.

Les trente-quatre espèces ([2]) du genre *Carludovica* R. et P. peuvent être rangées en trois sections.

([1]) G. Bentham et J.-D. Hooker (**2**, p. 952) ne lui attribuent que les genres *Stelestylis*, *Carludovica* et *Ludovia*.

([2]) Id. (**2**, p. 952) en indiquent trente-cinq, et ils ajoutent : « sed multae imperfecte cognitae ».

Dans la première de ces sections (*Palmatae*), les plantes ont des feuilles découpées en éventail avec quatre divisions principales, dont les deux moyennes ont conservé plus d'adhérence entre elles. Parmi les *Palmatae*, on trouve *C. palmata* R. et P., dont les feuilles, « fendues en lanières étroites, séchées et blanchies, servent à fabriquer les chapeaux de paille dits de Panama » (**51**, p 1499). C'est une plante du Brésil occidental ainsi que des portions limitrophes du Pérou, et dont l'aire de dispersion s'étend, à travers l'Équateur et la Colombie, jusqu'à l'Amérique centrale (**10**, p. 99). *C. Drudei* fait de même partie de la section des *Palmatae*.

On réunit dans la seconde section (*Bifidae*) les *Carludovica* à feuilles découpées en deux. Il faut citer ici *C. plicata* Kl., qui se rencontre depuis la Guyane jusque Bahia (**10**, p. 99). Avec celle de *C. plicata*, Klotzsch (**27**, p. 468) a donné la description de *C. palmaefolia* Hort. Il considère la dernière plante comme une variété horticole de la première et il leur attribue à toutes deux la Colombie comme patrie d'origine. L'*Index Kewensis* (**24**, p. 442) fournit pour *C. plicata* Kl. la même indication de provenance. Parmi les *Bifidae* se trouvent aussi deux espèces du Pérou (*C. humilis* Pöpp. et *C. latifolia* R. et P.).

Dans ce genre *Carludovica* R. et P., on observe, en outre, des plantes vivant à la façon des lianes, comme c'est le cas, par exemple, pour *C. heterophylla* Mart. du Brésil. Elles composent la troisième section, celle des *Anomalae*.

A part quelques espèces du genre *Carludovica* et *Cyclanthus bipartitus* Poit., on ne cultive que très exceptionnellement des Cyclanthacées dans les Jardins botaniques d'Europe. Avec *Carludovica palmata* R. et P. et *C. palmaefolia* Hort., *C. plicata* Kl. compte parmi les moins rares de nos serres.

Dans cette famille si peu étudiée des Cyclanthacées, l'examen d'une espèce quelconque me paraissait devoir donner des indications utiles. Il m'a permis, en effet, chez *Carludovica plicata* Kl., de relever des particularités structurales intéressantes et m'a procuré, dans certains organes, des documents importants pour la discussion de leur valeur morphologique.

Le présent travail est partagé en deux parties : l'une est consacrée aux organes végétatifs ; l'autre, aux organes floraux.

Dans la première, la feuille, la tige et la racine font successivement l'objet des trois chapitres qu'elle comprend. La seconde aborde l'étude de la hampe florale, des spathes et des fleurs.

A certaines de ces divisions sont joints les exposés bibliographiques qu'elles comportent, résumant les connaissances actuellement acquises sur l'organe examiné, soit chez un *Carludovica*, soit chez une autre Cyclanthacée, soit encore chez une autre Monocotylée voisine.

Les matériaux qui m'ont servi pour cette étude proviennent de l'Institut botanique de l'Université de Liége. Ils ont été mis gracieusement à ma disposition par M. le professeur Gravis, qui a bien voulu m'aider de ses conseils et auquel je me fais un devoir d'exprimer publiquement ma vive et sincère gratitude.

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE ANATOMIQUE

DES

ORGANES VÉGÉTATIFS ET FLORAUX

chez CARLUDOVICA PLICATA Kl.

PREMIÈRE PARTIE.

ORGANES VÉGÉTATIFS.

CHAPITRE PREMIER.

LA FEUILLE.

A. *Son organogénie.*

I. Résumé bibliographique. — La plupart des Monocotylées possèdent des feuilles à limbe indivis. Si l'on en excepte les Palmiers, chez les autres, à limbe divisé, l'organogénie foliaire n'a guère tenté les recherches. Cette remarque s'applique notamment aux *Carludovica,* qui nous offrent des exemples intéressants de Monocotylées à limbe segmenté.

Attribuant avec raison les découpures limbaires observées à des déchirures naturelles, les auteurs qui ont eu l'occasion de

suivre chez des Cyclanthacées la croissance des feuilles, s'accordent à reconnaître à ces organes le même mode de formation que chez les Palmiers et plus spécialement chez les Palmiers à feuilles palmées.

L'étude des feuilles de Palmiers, au point de vue de leur formation, remonte déjà loin. Dès **1827**, en effet, dans son *Organographie végétale*, A.-P. de Candolle avait su préciser l'origine des découpures que l'on remarque dans le limbe chez l'immense majorité des Palmiers. A cette époque, ces mêmes feuilles montraient les seuls exemples connus de limbes se déchirant suivant des règles déterminées pour acquérir leur forme définitive. « Elles répondaient, comme le faisait remarquer l'illustre savant de Genève (**7**, p. 305), à l'idée qu'on s'était formée avant tout examen des découpures des feuilles ». C'est ainsi que Meneghini, d'après de Candolle, avait admis que la feuille croissait sous forme d'entonnoir fermé, qui était déchiré ensuite par la pression des feuilles suivantes naissant à l'intérieur.

Remarquons, en passant, que la même manière de voir s'est retrouvée plus tard dans les travaux de de Mirbel.

En caractérisant la formation qu'il appelle *parallèle* et qui, d'après lui, appartiendrait à beaucoup de Monocotylées, Trécul fait mention, dans un mémoire paru en **1853** (**45**, p. **278**), de l'évolution des feuilles chez *Carludovica palmata*, qui rattacherait cette formation *parallèle* à celle que le même botaniste dénomme *basipète digitée*.

L'absence de toute autre indication concernant la plante citée, la seule Cyclanthacée dont il s'occupe, me dispense d'analyser le travail de Trécul, qui ne m'a pas fourni, d'ailleurs, de renseignement utile.

Plus tard, dans ses *Vermischte Schriften* (p. 176), Hugo von Mohl montre que les feuilles de Palmiers naissent sous forme de petits mamelons émoussés. D'après ce savant, les segments foliaires se produiraient par suite d'une apparition de fentes dans le limbe, primitivement entier et massif.

Il convient de remarquer que cette interprétation fut partagée

par H. Karsten (**25**, p. 78), C. Göbel (**18**) et A.-W. Eichler (**15**).

Ce dernier, en 1885, à l'occasion de son travail sur le développement des feuilles de Palmiers (**15**), s'est quelque peu occupé aussi des Cyclanthacées.

Dans les limites de ses recherches, A.-W. Eichler (**15**, p. 21) constate que, seules, les feuilles des plantes rangées dans le genre *Carludovica* possèdent un mode de formation semblable à celui qu'il a décrit chez les Palmiers. Les Cyclanthacées ont d'ailleurs avec ces derniers d'étroits rapports de parenté. Les feuilles de *Carludovica* ressemblent à celles des Palmiers à feuilles palmées, et, par l'étude de *C. rotundifolia*, le savant allemand a pu s'assurer qu'elles se forment d'une façon analogue. Le mode d'origine des feuilles chez cette Cyclanthacée serait même fort semblable à celui de *Livistona*. A.-W. Eichler remarque, en outre, que les *Cyclanthus*, bien qu'ils appartiennent à la même famille que les *Carludovica*, en diffèrent cependant au point de vue du développement foliaire. Chez *Cyclanthus*, les feuilles sont encore indivises à leur sortie du bourgeon; elles peuvent ou persister dans cet état, ou se diviser en deux de haut en bas. Leur découpure provient aussi d'une véritable déchirure dans un tissu vivant.

A.-W. Eichler a figuré (**15**, pl. V, fig. 73) le mode de préfoliation du *Cyclanthus* qu'il a examiné.

Dans des considérations générales qu'il formule au sujet de Monocotylées à limbe découpé, appartenant à d'autres familles, A.-W. Eichler (**15**, p. 21) rappelle que, chez les Aroïdées et plus particulièrement chez celles du groupe des Monstérées (*Monstera deliciosa* Liebm., *Philodendron pertusum* Hort.), on constate une division du limbe en segments pennés, amenée par une nécrose précoce de diverses parties histologiques [1].

D'après A.-W. Eichler, l'interprétation d'une perforation (*Durchlöcherung*) du limbe conviendrait mieux, dans ces divers

[1] D'après les travaux de Schwartz (*Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien*, 1872) et de Engler (dans de Candolle, *Monographiae phanerogam.*, vol. II, p. 20).

cas, que celle d'une découpure en stries (*streifenweise Zerlegung*). Une perforation du même genre se rencontre aussi, d'ailleurs, chez *Ouvirandra fenestralis*.

Nous aurions là, toujours d'après ce botaniste (**15**, p. **22**), les derniers types qui pourraient, dans une certaine mesure, être encore comparés, quant à leur mode de segmentation, avec les feuilles de Palmiers, car les brisures de forme pennée produites, sous l'action du vent, dans les feuilles de *Musa* et la découpure en lanières des feuilles âgées de *Welwitschia*, ne peuvent être considérées comme des phénomènes d'organogénie.

Dans un travail consacré aussi aux Palmiers et publié en 1887 (**35**), A. Naumann a eu le mérite de découvrir le plus grand nombre des faits jusqu'ici connus au sujet du développement foliaire dans le genre *Carludovica*. Ses recherches ont porté sur trois espèces : *C. palmata*, *C. rotundifolia* et *C. Moritziana*.

Par le mode de développement de leurs feuilles, c'est du genre *Hyophorbe* que ces Cyclanthacées se rapprocheraient le plus.

A. Naumann choisit *Carludovica palmata* comme type, et il lui compare les deux autres espèces. Chez la première, des sections transversales au voisinage du sommet végétatif de la tige lui montrent que la très jeune feuille présente la même apparence que chez les Palmiers. Au bourrelet presque circulaire, initial, s'ajoute bientôt une portion limbaire (**35**, fig. 23). La gaine qui, chez les Palmiers, dans les premiers stades du développement, n'est pas fermée, croît ici de telle sorte que ses marges (**35**, fig. 24, t_1 et t_2) chevauchent l'une sur l'autre.

Une coupe de la gaine d'une feuille adulte montre des cellules fortement collenchymateuses dans le bord marginal recouvrant, afin que la feuille suivante, dit l'auteur, puisse être conservée plissée jusqu'à sa sortie de la gaine qui l'enserre.

A. Naumann a figuré deux très jeunes feuilles de *Carludovica palmata* (**35**, fig. 23*a* et 25). La première est encore lisse, la seconde possède un limbe parcouru par des sillons et des renflements longitudinaux, qui s'arrêtent avant d'avoir atteint le bord supérieur de l'organe.

L'auteur allemand montre, enfin, que la segmentation lim-

baire chez les *Carludovica*, comme chez les Palmiers, est le résultat d'une production simultanée de renflements et de plis longitudinaux, suivie de nécrose, sur la partie de la jeune feuille qui deviendra le limbe.

II. Observations. — Chez *Carludovica plicata* Kl., le mamelon qui constitue la feuille primordiale, offre bientôt l'apparence d'un bourrelet presque circulaire, entourant incomplètement la tige, et dont la croissance longitudinale est d'autant plus rapide que l'on se rapproche davantage du plan médian de l'organe.

Primitivement, les deux surfaces de la feuille sont lisses, mais bientôt se dessinent, dans la partie supérieure, des boursouflures ou renflements qui donnent naissance aux plissements longitudinaux. Ces boursouflures, qui font saillie aussi bien à la face externe qu'à la face interne, se montrent en alternance régulière sur ces deux faces. Elles s'arrêtent à une certaine distance du bord supérieur libre, laissant ainsi une marge mince et étroite; elles ne se terminent pas inférieurement dans le même plan horizontal, mais suivant une ligne courbe à convexité tournée vers le haut (pl. I, fig. 1).

Sous cette partie plissée, qui deviendra le limbe, on voit une portion lisse dont les bords minces et peu élevés entourent le sommet végétatif de la tige. Cette partie formera la gaine.

La feuille primordiale est dès lors différenciée. Elle présente deux parties bien distinctes, superposées ([1]).

([1]) A.-W. Eichler (14) appelle : base de la feuille (*Blattgrund*) la portion inférieure de l'organe qui donne la gaine de la feuille ou bien la base du pétiole avec les stipules; portion supérieure (*Oberblatt*), celle dont proviennent le limbe et le pétiole.

« M. Bower (4) a modifié cette terminologie, dit J. Massart (32, p. 210): il appelle phyllopode tout l'axe de la feuille, depuis la base jusqu'au sommet; la partie inférieure (*Blattgrund* d'Eichler) est appelée hypopode; la partie qui donne le pétiole est nommée mésopode; enfin, la portion qui supporte directement les ramifications est l'épipode. »

C'est l'axe de la feuille, à l'exclusion de ses ramifications, comme le fait encore remarquer J. Massart (32, p. 211), qui est désigné sous le nom de phyllopode. Et de l'avis du savant belge, c'est dans cette distinction entre l'axe et ses ramifications que réside le progrès réalisé par cette nouvelle terminologie de M. Bower,

On peut appliquer à l'exemple que présentent les *Carludovica* cette remarque faite par C. Göbel (**18**, p. 218), au sujet du développement des feuilles chez *Glyceria spectabilis*, que l'organogénie foliaire ne peut être envisagée ainsi que le voulait Trécul (**45**). Il n'est pas possible, en effet, d'admettre avec cet auteur que la gaine se développe toujours la première dans les feuilles engainantes. Le limbe ne se forme pas de la gaine; ces deux parties ne se différencient que dans le cours du développement.

Le nombre des plissements naissants chez *Carludovica plicata* Kl. va en augmentant à mesure que l'organe croît, et les sillons, laissés entre eux, s'approfondissent progressivement.

La disposition des plissements se montre analogue à celle exposée d'une façon détaillée, par A. Naumann, pour *Hyophorbe* (**35**, p. 241) et à laquelle il faut rattacher, d'après lui, tous les Palmiers appartenant à son type II de plissement ainsi que les *Carludovica*.

Au stade qui nous occupe, on constate aussi que la région médiane du futur limbe croît en s'incurvant légèrement vers l'intérieur à sa partie supérieure libre, pour donner ainsi à l'ensemble l'aspect d'un capuchon Cette forme est due, comme c'est le cas pour les feuilles d'*Iris*, d'après les recherches d'organogénie effectuées sur cette dernière plante par C. Göbel (**18**, p. 219, fig. 43), à une croissance plus rapide de la face externe de l'organe dans sa région médiane.

Bientôt les plis occupent toute la partie interne du capuchon, et la base de celui-ci forme le toit d'une logette où se cachent les feuilles plus jeunes, protégées latéralement par la gaine (pl. I, fig. 2).

Les marges de cette dernière se rapprochent de plus en plus et finissent par se recouvrir (pl. I, fig. 3). Celle de droite chevauche sur celle de gauche dans les plantes dextres, tandis que le contraire s'observe chez les pieds sénestres [1].

[1] La feuille est l'appendice de la tige Il faut donc supposer l'observateur, placé au centre de la tige, se tournant successivement vers les diverses feuilles

Suivant A. Naumann (**35**), ce chevauchement différencierait les *Carludovica* d'avec les Palmiers.

Chez les sujets examinés, j'ai trouvé un nombre à peu près égal de dextres et de sénestres.

Dans certaines feuilles de Graminées, les bords de la partie engainante présentent une disposition analogue à celle qui vient d'être décrite chez *Carludovica plicata* Kl. Hofmeister (**23**, p. 589) a montré que le sens de l'enroulement des marges est régi par l'action de la pesanteur, et que l'on peut mesurer et modifier à volonté l'effet de cette force, à cet égard, en faisant intervenir la force centrifuge. Si, placées dans des conditions déterminées, les plantules en germination sont soumises à un mouvement gyratoire, au moyen d'un dispositif particulier, les feuilles qui se formeront dans le cours de l'expérience verront leur bord de gauche chevaucher sur celui de droite, alors que le contraire s'observait chez les feuilles déjà enroulées avant l'expérience [1].

Hofmeister (**23**, p. 590) fait remarquer, en outre, que l'enroulement des feuilles des Graminées correspond complètement à celui des stipules de *Trifolium* et d'autres Papilionacées à folioles disposées sur deux rangs.

Mais revenons-en à *Carludovica plicata* Kl.

A un stade plus avancé, le limbe, fortement plissé, se présente sous la forme d'une masse pyramydale allongée. La portion qui correspond à la gaine paraît rester à peu près sta-

disposées autour de lui. Sur une tige dextre, cet observateur constatera que la spire phyllotaxique se dirige dans le même sens que les aiguilles d'une montre; elle suit une marche inverse dans le cas d'une tige sénestre.

[1] Ce physiologiste représente (**23**, fig. 177) une section transversale pratiquée dans un bourgeon foliaire d'une plantule de *Zea Mays*, en germination depuis vingt-quatre jours, fixée sur un cylindre vertical de 15 centimètres de rayon et soumise à un mouvement de rotation s'effectuant à raison de trois tours par seconde. A l'intérieur de l'anneau qui, sur cette section, représente le cotylédon, se voient quatre feuilles Dans les deux premières, déjà enroulées avant la germination, le chevauchement s'est fait de gauche à droite; dans les deux autres, développées dans le cours de l'expérience, l'enroulement s'est effectué en sens contraire. Le plan médian de ces deux dernières feuilles est à peu près perpendiculaire au rayon de rotation, par l'effet d'une torsion d'entrenœuds entre les feuilles.

tionnaire; sa longueur équivaut à la soixantième partie environ de celle du limbe ([1]).

Les deux bords de cette gaine se limitent alors vers le haut par deux saillies qui s'accentuent et deviennent deux oreillettes, dont j'aurai soin plus loin de discuter la valeur morphologique. Ces oreillettes se dessèchent tôt et disparaissent.

Par suite d'une croissance longitudinale inégale, les oreillettes ont des dimensions différentes. La hauteur de l'une l'emporte toujours sur celle de l'autre, mais leur largeur est à peu près équivalente (pl. III, fig. 40; pl. IV, fig. 42 et 43).

A.-W. Eichler (**15**, pl. II, fig. 26) a figuré des oreillettes du même genre dans la portion basale de la très jeune feuille chez *Chamaerops humilis* L.

Dans la Cyclanthacée qui fait l'objet du présent travail, une jeune feuille mesurant 37 millimètres ne possède qu'une gaine et un limbe. Celui-ci est rendu presque bifide par un sinus médian, s'arrêtant à une certaine distance de la base de l'organe et ne se prolongeant pas jusqu'à son sommet.

Ce sinus est produit par nécrose. Et, comme on le verra plus loin, il s'agit bien d'une déchirure normale, et non d'une déchirure provoquée par une cause accidentelle.

Chez l'immense majorité des Angiospermes, la segmentation du limbe provient, comme on le sait, d'une véritable ramification des bords de la très jeune feuille. En fait d'exceptions à cette règle, J. Massart (**32**, p. 217) ne cite que les Palmiers et quelques Aroïdées. Il nous faut donc y joindre des Cyclanthacées (*Carludovica palmata*, *C. rotundifolia* et *C. Moritziana*, étudiés par A. Naumann (**35**), ainsi que *C. plicata* Kl.).

Pour les distinguer des autres, les feuilles dont le limbe se

([1]) C. Göbel (**18**, p. 217) a montré, pour la jeune feuille chez *Glyceria spectabilis*, combien les rapports de longueur de la gaine et du limbe peuvent se modifier dans le cours du développement.

Voici les chiffres qu'il indique pour cette Graminée :

a) Gaine mesurant 0mm,5 pour un limbe de 30 millimètres;

b) Gaine mesurant 0mm,1 pour un limbe de 4 millimètres.

Dans le premier exemple (*a*), nous voyons un rapport équivalent à celui trouvé chez *Carludovica plicata* Kl

déchire suivant certaines directions prédéterminées, devraient, me semble-t-il, recevoir des dénominations particulières. Le mode d'origine des divisions du limbe adulte pourrait être rappelé par la terminologie. Aux désinences : *dentée*, *lobée*, *partite* et *séquée*, qui mettent en évidence les divers degrés de ramification dans les feuilles ordinaires, on substituerait la désinence *tomée* dans les termes qui serviraient à qualifier les feuilles divisées par déchirures. Cette désinence serait ajoutée aux préfixes *penni* ou *palmi*, qui indiquent le mode de nervation. Je propose, en conséquence, d'appeler désormais *penni-* et *palmitomées* les feuilles à limbe *penni-* ou *palminervié*, dont les divisions proviennent de déchirures naturelles. On nommerait *tomes* ce qui correspond aux découpures des autres feuilles. Et de même qu'une feuille, dont les découpures [1] proviennent de ramifications, peut présenter des *lobes*, par exemple, celle découpée par déchirure naturelle, possède des *tomes*. Pour indiquer le nombre des segments limbaires, on pourrait se servir des expressions : *bi-*, *tri-*, ... ou *polytomée*. On dirait, par exemple, que la feuille est *tétratomée* chez *Carludovica palmata*, *tritomée* chez *C. rotundifolia*, *bitomée* chez *C. Moritziana* et *C. plicata* Kl. [2].

Dans le limbe encore à peu près complètement caché par les gaines des feuilles précédentes, le sinus est situé beaucoup plus bas relativement que dans les feuilles déjà libérées de leurs enveloppes, mais cependant non encore étalées. La partie située sous le sinus possède, à un moment donné, une vitesse de développement intercalaire beaucoup plus considérable que le reste

(1) Dents, lobes, etc.

(2) Dans une note qui figure dans son *Organographie végétale* (p. 301), A.-P. de Candolle rappelle que « L.-C. Richard avait proposé de nommer feuilles polytomes toutes celles qui ont des segments, c'est-à-dire celles dont les lobes sont séparés jusqu'au pétiole ou à la côte moyenne, mais non articulés comme dans les feuilles composées ». A.-P. de Candolle n'admettait pas ce terme, « soit parce qu'il n'était pas susceptible de former des termes composés symétriques avec ceux qui sont en usage, soit parce que, dans son étymologie, il convienne mieux aux feuilles composées qu'aux feuilles disséquées ». Je ferai remarquer,

du limbe. La différenciation histologique est aussi plus avancée vers le sommet que vers la base de l'organe.

Le limbe atteint presque toute sa longueur définitive avant de s'étaler.

La préfoliation des trois *Carludovica : palmata, rotundifolia* et *Moritziana* a été étudiée par A. Naumann (**35**), qui a distingué trois modes de préfoliation chez les Palmiers [1]. Les *Carludovica* examinés appartiennent à son type II, qu'il définit de la façon suivante :

« Les plis ont deux directions différentes et sont placés symétriquement aux deux côtés du rachis. Les faisceaux libéro-ligneux principaux sont disposés sur une même rangée (**35**, fig. 32 *b*.).

» Il faut placer ici les Palmiers à feuilles palmées dont la nervure médiane fait saillie à la partie supérieure de la feuille. On peut rattacher aussi les *Carludovica* à ce type, mais en tenant compte de certaines particularités. On ne doit pas considérer comme différence essentielle qu'aux endroits z_1, z_2 (fig. 27 *b*) il n'existe point de faisceaux libéro-ligneux. »

La préfoliation chez *Carludovica plicata* Kl. ne diffère pas sensiblement de celle trouvée par A. Naumann chez d'autres *Carludovica* (pl. II, fig. 18).

En même temps que le limbe tend à se déployer se montre une portion pétiolaire, de plus en plus longue, ayant la forme d'un prisme triangulaire à arêtes mousses et parcouru à sa surface interne par un sillon médian. Par suite de son étirement, provoqué par une croissance intercalaire, cette région pétiolaire

d'une part, que les mots composés dont je propose l'emploi, échappent tout à fait aux critiques formulées par A.-P. de Candolle contre le terme polytome, et, d'autre part, que l'expression tomée semble beaucoup mieux appropriée aux feuilles partagées par des déchirures naturelles que celles, actuellement employées, de lobée, etc., appliquées indistinctement aux feuilles des deux catégories, alors même que dans son étymologie cette expression paraîtrait mieux convenir aux feuilles composées.

[1] J'ai montré naguère (**33**, p. 102), à propos d'un *Desmoncus* brésilien, que tous les Palmiers ne pouvaient être rapportés aux trois types établis par A. Naumann.

va porter le limbe à une hauteur convenable pour que ce dernier trouve l'espace nécessaire à son déploiement.

Non étalé, le limbe, ayant à peu près atteint ses dimensions définitives, affecte alors l'apparence d'une pyramide triangulaire, allongée, à arêtes mousses, qui serait formée par deux éventails fermés, dont les plis diminuent de longueur et de largeur à mesure de leur écartement du plan médian de l'organe. Ces éventails, terminés supérieurement en pointe, sont placés en face l'un de l'autre, les plis de l'un se trouvant vis-à-vis des plis de l'autre.

En se dépliant, les deux éventails s'écartent l'un de l'autre en effectuant, de l'intérieur vers l'extérieur, un mouvement de rotation d'un quart de circonférence, et étalent ainsi le limbe dans un même plan perpendiculaire au plan médian. Les deux tomes, jusqu'au bas du sinus, s'écartent ensuite l'un de l'autre.

Les pointes desséchées de ces tomes provoquent, par leur chute, les déchirures que l'on remarque chez les feuilles adultes à la partie supérieure libre de ces tomes.

B. *Son organographie.*

Dans la feuille adulte, il convient de distinguer trois parties : une engainante, une pétiolaire et une limbaire.

La forme et les dimensions de la première varient nécessairement avec l'âge et le rang d'insertion de la feuille, c'est-à-dire avec la position qu'elle occupe sur la tige. Nous avons vu que les marges chevauchent d'abord l'une sur l'autre. A mesure que l'organe avance en âge, la portion engainante s'ouvre par la pression des feuilles qu'elle protégeait en les cachant. Elle paraît ainsi s'amincir et, en même temps, sa forme générale, qui était primitivement celle d'un prisme triangulaire, tend à devenir cylindrique, tandis que les bords se disjoignent de plus en plus. Une fois écartées, ces marges se dessèchent, se désorganisent et, finalement, disparaissent.

Le pétiole se continue insensiblement dans la partie épaisse de la gaine. A aucun moment, d'ailleurs, le pétiole n'est nettement limité inférieurement. Il offre l'aspect d'un prisme triangu-

laire à arêtes mousses. Sur sa face interne se trouve une gouttière longitudinale, dont la profondeur va en diminuant vers le haut, où elle n'est plus représentée que par une simple ligne.

Les limites du pétiole et du limbe ne sont pas nettes non plus. On observe toutes les transitions entre ces deux parties de la feuille.

Chez *Carludovica plicata* Kl., le limbe rappelle par sa forme celui des Palmiers du groupe des Géonémées. Il a l'apparence d'un long triangle isocèle, qui serait fixé par son sommet au pétiole, et dont le côté supérieur, libre, aurait subi une profonde entaille suivant le plan médian.

Le limbe est parcouru par des côtes faisant saillie alternativement sur la face externe et sur la face interne, et dont la médiane, plus forte, vient aboutir au fond de l'entaille. De part et d'autre de cette côte médiane partent d'autres côtes se dirigeant vers les sommets, alors disparus, des deux tomes.

Le nombre total des nervures latérales semble assez constant. Il varie entre 19 et 22.

En raison de la forme de leur limbe, *Carludovica plicata* Kl., ainsi que *C. palmaefolia* Hort. ont été rangés, comme on l'a vu (p. 5), dans la section des *Bifidae* (c'est-à-dire à feuilles bitomées).

Chez ces deux plantes, les feuilles sont disposées suivant une ligne spirale.

A l'aisselle des feuilles, on remarque la présence d'un bourgeon axillaire, aléniforme, plus ou moins développé.

Il est formé d'une préfeuille protégeant à la fois, au début, une jeune pousse feuillée et une inflorescence.

Lorsque la spire phyllotaxique est dextre, la pousse feuillée se trouve à droite, et l'inflorescenee, à gauche de l'observateur, supposé au centre de la tige et tourné vers le bourgeon. On constate la disposition contraire dans le cas où la spire phyllotaxique est sénestre.

La préfeuille forme un organe engainant et protecteur, fermé à sa partie supérieure, limitant à son intérieure une chambre conique. Sur sa face postérieure, par rapport à l'observateur

placé ainsi qu'il a été indiqué, elle montre deux bords chevauchant comme dans les gaines.

C. *Sa structure.*

L'étude de la structure d'une feuille nécessite la recherche des variations qu'amènent l'âge, le niveau, la hauteur et les conditions biologiques. Dans ses magistrales *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioica *L.* (**20**), A. Gravis a su en même temps, à propos de la feuille, notamment, montrer l'existence et dégager l'importance proportionnelle de ces divers facteurs. Ceux-ci, en dernière analyse, ainsi que le dit cet auteur, peuvent d'ailleurs être réduits à deux, le temps et l'espace, « les indications du niveau, de la hauteur et du milieu ne servant, en définitive, qu'à préciser le point de l'espace considéré » (**20**, p. 4).

Avec la plante dont l'étude fait l'objet du présent travail, il ne pouvait être question d'un examen d'ordre aussi approfondi. Les Cyclanthacées sont peu communes dans les serres d'Europe. D'autre part, les variations dans la structure de ces plantes, dues aux conditions biologiques, ne me paraissent pouvoir être étudiées avec fruit que dans la patrie d'origine ou d'adoption de ces végétaux.

J'ai suivi, en le repérant, l'ordre chronologique, choisissant arbitrairement cinq stades, que j'ai pris soin de caractériser, par l'étude successive desquels on peut se rendre compte de la différenciation histologique, c'est-à-dire des variations de la structure suivant l'âge.

A chacun de ces stades, j'ai examiné la section vers le milieu de la gaine, vers le milieu du pétiole et vers le milieu du limbe, afin d'avoir des niveaux comparables. Lorsque la nécessité s'en faisait sentir, j'ai pris soin néanmoins de montrer les variations qu'amènent des différences de niveau.

STADE I.

La très jeune feuille a dépassé la période primordiale, mais elle ne montre qu'un limbe, encore entier, et une gaine. Celle-ci, très courte, fait corps à sa base avec le sommet végétatif de la tige (pl. I, fig. 4). La feuille offre l'aspect d'une pyramide de base triangulaire.

Gaine. — La coupe transversale moyenne laisse apercevoir un dermatogène externe, un dermatogène interne ainsi qu'un méristème primitif. Ce dernier est parcouru par des cordons de procambium, disposés sur deux rangs dans la partie la plus épaisse de l'organe, c'est-à-dire vers l'extérieur (pl. I, fig. 4).

Limbe. — Dans la partie inférieure du limbe, la coupe d'ensemble a la forme d'un triangle à angles mousses, sur un des côtés duquel s'aperçoit une fente médiane à contours sinueux. Ce côté représente la face interne de l'organe. La fente qui en part va s'arrêter à quelque distance du sommet opposé à cette face interne. De part et d'autre du plan médian se trouvent des cordons de procambium (pl. I, fig. 5), plongés dans un méristème primitif limité extérieurement par le dermatogène.

Plus haut, les coupes transversales ont l'apparence d'un V plus ou moins ouvert (pl. I, fig. 6 et 7), dont les branches constituantes ont des contours d'autant moins sinueux qu'on se rapproche davantage du sommet du limbe.

Au niveau que représente, comme ensemble, la fig. 6, les sinuosités, en alternance sur les deux faces, sont presque contiguës; elles ne sont guère séparées que par de petits étranglements.

Les sections pratiquées plus haut (pl. I, fig. 7) laissent apercevoir, près du sommet de l'angle formé par les branches du V, une région non encore boursouflée. Sur les coupes suivantes, les sinuosités disparaissent progressivement.

Les sinuosités du contour sont produites par des boursouflures qui, ainsi que nous l'avons vu (p. 11), amènent les plissements

du limbe. Dans ces boursouflures, la section transversale (pl. I, fig. 9) rencontre, outre le dermatogène externe et le dermatogène interne, un méristème primitif assez abondant, dans lequel commence à se dessiner un cordon de procambium.

Au sommet des branches du V, c'est-à-dire dans le plan médian de l'organe à ce niveau, le cordon procambial est plus nettement accusé (pl. I, fig. 10).

Là où les boursouflures sont suffisamment écartées les unes des autres pour permettre l'examen des portions limbaires qui les séparent, on voit que ces dernières sont constituées par trois assises d'éléments que limitent, vers l'intérieur et vers l'extérieur, le dermatogène interne et le dermatogène externe (pl. I, fig. 11). Nous aurons l'occasion de voir plus loin qu'à chacune de ces assises cellulaires est dévolu un rôle spécial.

A proximité du sommet du limbe, les coupes offrent de nouveau l'apparence d'un triangle à angles mousses, mais plein cette fois et dépourvu de cordons procambiaux (pl. I, fig. 8).

A ce stade I, on observe la présence de poils dans la région médiane externe du limbe, à l'endroit où se produira la disjonction des tomes. Ces poils augmentent en nombre et en longueur vers le sommet.

A. Naumann (**35**, p. 233, fig. 28, *a*, *b*, *c*) signale aussi chez *Carludovica palmata* une touffe pileuse à la partie externe des isthmes de rupture des tomes.

Chez *Carludovica plicata* Kl., ces poils épidermiques sont acuminés, pluricellulaires, moniliformes. Ils sont généralement composés de 4-5 cellules superposées, à parois minces. La cellule apicale présente la forme d'un cône à sommet émoussé (pl. I, fig. 15). Elle possède souvent seule un contenu jaunâtre. Les figures 12-15 (pl. I) montrent divers stades du développement des poils. La cellule basale, dans les figures 13 et 14, s'est divisée perpendiculairement à la surface.

Ces poils me paraissent avoir pour mission de venir feutrer les espaces laissés libres entre les feuilles successives, vraisemblablement dans le but de diminuer, aux insectes, les facilités d'accès. On peut poser en principe que leur nombre et leur

longueur sont proportionnels aux rapports des dimensions, dans le plan horizontal, de l'organe engainant et de la feuille enveloppée. Ils sont les plus abondants et les plus longs aux niveaux où les dimensions intérieures de l'organe engainant l'emportent le plus sur les dimensions extérieures de la feuille enveloppée, c'est-à-dire où l'espace laissé libre entre ces deux organes est le plus grand. Il en résulte que les poils doivent être plus nombreux et plus longs vers le sommet de la feuille enveloppée que vers sa base; ce qui a été observé et indiqué dans les lignes précédentes.

La face interne de l'organe enveloppant présente aussi des poils dont le nombre et les dimensions sont régis par le même principe. Ils contribuent à la formation d'un feutrage protecteur du sommet du jeune limbe.

Ces poils se retrouvent plus tard en certains points sur la feuille pétiolée, mais non encore déployée. Extrêmement abondants sur le pétiole, ils sont alors beaucoup moins nombreux sur les autres parties de la feuille qui ont été plus étroitement serrées par la gaine enveloppante. Comme les plis du limbe sont étroitement appliqués les uns contre les autres, on ne rencontre de poils qu'à l'entrée des espaces intervallaires. La longueur des poils varie beaucoup sur cette feuille avec la place qu'ils y occupent. C'est ainsi que sur le pétiole, dont la face interne est concave, on trouve les plus longs suivant le plan médian de cette face.

STADE II.

La feuille, non encore pétiolée, possède cependant déjà une gaine à bords marginaux chevauchant l'un sur l'autre, ainsi qu'un limbe qui se découpe en deux lomes.

Gaine. — La section transversale que représente la figure 16 (pl. II) a été pratiquée à la limite supérieure de la gaine. Nous avons là à peu près un pétiole. Seules, les lames marginales nous permettent de considérer encore comme une gaine cette partie de la feuille. Elles protègent le sommet de la feuille suivante.

La coupe transversale moyenne de la gaine n'offre aucune particularité notable de structure.

Limbe. — A la base du limbe, nous avons une région qui participe à la fois du pétiole et du limbe.

Au fur et à mesure que nous nous éloignons de sa base, le nombre des plis du limbe va en augmentant (pl. II, fig. 17). Il atteint un maximum au niveau où s'effectue la déchirure en deux tomes (pl. II, fig. 18). A ce niveau, la différenciation histologique est assez peu avancée, ainsi que l'indique la figure 19 (pl. II), qui représente un cordon de procambium au fond d'un pli. On ne distingue que quelques éléments ligneux et libériens. L'épiderme, au dos des plis du limbe, porte des poils plus ou moins développés.

Dans cette jeune feuille, les coupes successives du limbe nous montrent qu'à la partie complètement plissée (pl. II, fig. 18) fait suite, vers le sommet, une autre dont le nombre des plis va en diminuant jusqu'à devenir nul. Les dernières sections pratiquées dans la portion non plissée offrent les aspects que représentent les figures 20-26 (pl. II). Quand on se rapproche du sommet de l'organe, on voit les faisceaux se réunir en groupes de moins en moins nombreux.

La figure 27 (pl. II) nous montre la structure d'une des masses libéro-ligneuses ainsi produites, que rencontre une coupe transversale dans la région où les sections d'ensemble ont la forme d'un V (pl. II, fig. 21), aux extrémités libres des branches duquel se trouvent des poils. La masse libéro-ligneuse laisse apercevoir une série de vaisseaux polygonaux, à parois épaisses, disposés en éventail (pl. II, fig. 27).

Aux sections en V succèdent d'autres qui possèdent la forme d'un anneau aplati (pl. II, fig. 22, 23 et 24), dans lesquelles on voit l'union progressive des masses libéro-ligneuses et leur fusion en une couronne irrégulière (pl. II, fig. 24).

Finalement, l'anneau se comble de plus en plus; à mesure que son diamètre diminue, la couronne libéro-ligneuse ne laisse plus distinguer les groupes qui l'ont formée (pl. II, fig. 25).

L'anneau étant comblé, la couronne libéro-ligneuse se transforme bientôt en une masse elliptique (pl. II, fig. 26) qui finit, à son tour, par disparaître.

Comme on le voit, à ce stade II, le limbe possède encore le capuchon, dont la présence a été signalée dans la partie de ce travail ayant trait à l'organogénie foliaire.

Dans les feuilles plus âgées, ce capuchon se dessèche, puis se scinde longitudinalement en deux, suivant le prolongement de la déchirure produite dans le limbe.

C'est dans la feuille arrivée à cet état de développement que débute, en effet, la déchirure médiane du limbe, dont il a été question plus haut (voir p. 14). Chez *Carludovica plicata* Kl., elle est le résultat d'une nécrose qui s'effectue dans la région du limbe, restée mince, au-dessus du sommet de la côte médiane. Celle-ci ne s'étend donc pas d'une extrémité à l'autre du limbe.

Il y a lieu de remarquer que la nécrose amenant la séparation des deux tomes se propage en sens basifuge. C'est le contraire de ce qui se passerait chez *Pritchardia filifera*, d'après A. W. Eichler (**15**, p. 6).

A la base de la portion apicale, à peu près sans plis du limbe, au niveau où s'arrête la nécrose qui détermine la segmentation, le faisceau médian n'est plus représenté que par un mince cordon procambial (pl. II, fig. 28). C'est là une preuve de la déchirure naturelle et prédéterminée.

Il en est une autre encore que je crois devoir indiquer.

Si, par une cause quelconque, la déchirure naturelle est prolongée au-dessous de sa limite inférieure normale, les deux lèvres produites par la déchirure accidentelle montrent en regard l'une de l'autre des cellules présentant la série des réactions cicatricielles. Elles se sont agrandies vers la surface lésée et se sont ensuite segmentées. Les cloisons nouvelles sont parallèles à la surface de lésion.

La figure 58 (pl. V) représente une coupe pratiquée, au-dessous de la limite inférieure du sinus normal de la feuille adulte, dans une région accidentellement déchirée suivant le prolongement de ce sinus ([1]).

([1]) Sur la figure 58, la partie mortifiée d'un des bords de la déchirure est limitée extérieurement par un pointillé, intérieurement à la fois par un pointillé et la série des cellules recloisonnées.

Ces réactions cicatricielles ne s'observent pas dans la région médiane du limbe, déchirée de façon naturelle à la suite d'une nécrose. Cette partie du limbe, nous venons de le voir, reste fort mince; elle ne comprend que quelques assises cellulaires. Après la séparation des tomes, il n'est plus possible de reconnaître, sur les bords en regard, les cellules épidermiques vraies, tant les autres sont peu nombreuses et ressemblent aux premières.

Il me faut placer ici des particularités histogéniques intéressantes, relevées dans la jeune feuille arrivée au même état de développement que celle décrite pour le stade II, mais appartenant à un bourgeon axillaire, et encore cachée par une préfeuille. Dans la partie engainante de cette jeune feuille, le nombre des rangées cellulaires du mésophylle va graduellement en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de la région médiane pour se diriger vers les bords marginaux. Le mésophylle peut y être réduit à une assise unique d'éléments (pl. II, fig. 30). La coupe que représente la figure 29 (pl. II), montre trois rangées de cellules entre les épidermes externe et interne. Chacune de ces assises mésophylliennes constitue un histogène particulier. C'est A. Gravis qui a attiré l'attention sur l'évolution différente de ces trois catégories d'éléments, qui constituent, d'après sa terminologie, les mésophylles externe, interne et moyen [1].

Les deux premiers donnent du parenchyme, dont certaines cellules, en se divisant un grand nombre de fois, forment des groupes d'éléments de diamètre beaucoup plus petit. Ceux-ci épaissiront plus tard leurs parois et constitueront des massifs scléreux.

Par une multiplication active, les cellules du mésophylle moyen donnent, elles, naissance aux cordons de procambium.

[1] A. Gravis, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le* Tradescantia virginica *L., au point de vue de l'organisation générale des* Monocotylées *et du type* Commélinées *en particulier*. (Mémoires in-4° de l'Académie royale des sciences de Belgique, t. LVII, 1898.)

STADE III.

La jeune feuille pétiolée est encore partiellement protégée par la gaine de la feuille précédente. Cette gaine (*G*) n'est dépassée, en effet, que de 2 à 3 centimètres par le sommet du limbe (*Li*) de la feuille étudiée (pl. III, fig. 31).

Gaine. — Dans la gaine, dont la figure 32 (pl. III) représente la coupe d'ensemble, les éléments épidermiques ont leur cloison externe légèrement sclérifiée (pl. III, fig. 33 et 34). Le parenchyme mésophyllien se compose de cellules polygonales ou ovales en coupe transversale; ces dernières sont souvent étirées dans le sens du rayon près de la surface externe, tangentiellement près de la surface interne de l'organe ([1]). Elles laissent entre elles des méats plus ou moins grands. Au voisinage des surfaces de l'organe, on aperçoit un grand nombre de massifs cellulaires, formés de petits éléments à section polygonale et à parois minces. Ces massifs, dont les parois cellulaires seront sclérifiées plus tard, proviennent de la division plusieurs fois répétée de cellules du parenchyme, dont ils ont pris la place. Dans les faisceaux libéro-ligneux, outre les trachées étroites, on remarque la présence de quelques vaisseaux ayant épaissi leurs parois (pl. III, fig. 37). On constate souvent aussi la présence d'une lacune antérieure, contre les trachées vers le centre de l'organe. C'est là une particularité que l'on trouve chez diverses Monocotylées aquatiques ou de marécages. D'après Westermaier (**37**, p. 1107), elle se rencontre dans le pétiole chez *Sagittaria sagittaefolia*, et chez *Alisma Plantago*, dans la hampe florale chez *Heleocharis palustris* et chez *Scirpus silvaticus*, etc. Firtsch (**17**, p. 347) l'a montrée aussi dans les faisceaux du pétiole cotylédonaire chez *Phœnix dactylifera* L. Avec certaines autres particularités de

([1]) On y observe aussi la présence d'un grand nombre de cellules cristalligènes (c. c.), généralement plus volumineuses, à raphides courtes (pl. III, fig. 33 et 34).

structure, elle fournit à cet auteur la preuve que le Dattier réclame un sol très humide.

La gaine montre des canaux gommeux, assez étroits, dont la section est circulaire ou elliptique (pl. III, fig. 35 et 36).

La formation de ces canaux gommeux répond à la définition donnée par Tschirch (**47**, p. 477) du mode schizo-lysigène ([1]). Après une séparation d'éléments, provoquant un élargissement d'espace intercellulaire, il y a résorption, par gélification, des membranes cellulaires, et production d'un canal dont la cavité devient de plus en plus grande.

Dans le mésophylle s'aperçoivent toutes les transitions entre les cellules de bordure du canal, beaucoup plus petites, et les éléments ordinaires.

A en juger par la description et les dessins qu'en donne Ph. Van Tieghem (**47**, p. 123, pl. III, fig. 10), les canaux sécréteurs de la tige chez *Aglaeonema Marantaefolia* seraient fort semblables à ceux de *Carludovica plicata* Kl.

En suivant le trajet des canaux gommeux chez cette dernière plante, on les voit se diviser, se réunir ou s'interrompre.

Leur nombre et leurs dimensions vont en augmentant avec l'âge de l'organe.

Pétiole. — Le pétiole, encore très court, offre en section transversale la forme d'un triangle à angles mousses, dont le côté interne présente une découpure. L'épiderme ne diffère pas sensiblement de celui de la gaine. La cloison externe des cellules est presque plane et n'est pas encore sclérifiée. Dans le mésophylle, les massifs, beaucoup plus nombreux, de petites cellules

([1]) J. Briquet (**5**, p. 515) a démontré que les poches à huile des Myoporacées appartiennent aussi à cette catégorie des schizo-lysigènes. Il rappelle que les travaux de Tschirch et de Sieck établissent l'existence de phénomènes très semblables et parfois identiques à ceux qu'il a observés, dans plusieurs groupes très différents de Dicotylées (Aurantiées, Anacardiacées, Diptérocarpées, Hamamélidées, etc.). « Le processus schizo-lysigène, ajoute-t-il, paraît dès lors être très généralement répandu, et les idées régnantes sur les derniers développements et le mode de fonctionnement des poches sécrétrices devoir se modifier sensiblement. »

polygonales à parois minces, forment une couronne à peu près continue (pl. III, fig. 38). Dans les faisceaux libéro-ligneux (pl. III, fig. 39), on trouve un petit groupe de trachées, suivi d'une série radiale de vaisseaux n'ayant pas encore épaissi leurs parois. On observe aussi des cellules grillagées. Les canaux gommeux ne diffèrent pas de ceux rencontrés dans la gaine.

Limbe. — Le limbe, au stade qui nous occupe, ne possède pas de particularité histologique intéressante à relever.

STADE IV.

La feuille n'a pas encore déployé son limbe. Sa gaine, auriculée, est fermée (1).

Gaine. — La structure de la gaine présente des modifications importantes suivant la hauteur. Des sections transversales successives nous montrent, en effet, que cette structure, dans la partie supérieure de l'organe, est nettement différente de celle que l'on trouve dans sa portion inférieure. On passe graduellement des caractères de l'adulte, qui se montrent dans le haut, à ceux qui s'observent dans la partie basilaire, encore protégée par les diverses gaines successives, emboîtées les unes dans les autres, des feuilles plus âgées. Nous voyons par là que la différenciation histologique suit une marche basipète.

Dans le voisinage de son plan d'insertion, la gaine est parcourue par des faisceaux libéro-ligneux, qui possèdent la structure dont la figure 41 (pl. IV) montre les caractères ordinaires en section transversale. On y voit un croissant de cellules épaississant leurs parois, adossé extérieurement à une plaque, étirée tangentiellement, de liber resté mince.

La structure, à un niveau plus élevé dans la même gaine, est celle qui sera décrite à propos de la feuille adulte.

Les oreillettes de la gaine, dont l'existence a été signalée dans la partie du présent travail consacrée à l'organogénie foliaire,

(1) Sur la planche III, figure 40, elle est représentée étalée.

ne durent que peu de temps, comme on l'a vu. Il me paraît intéressant de décrire le trajet des faisceaux libéro-ligneux dans les marges de la gaine et dans les oreillettes, à raison des discussions soulevées au sujet de la valeur morphologique de la gaine et des stipules.

Constatons d'abord que dans la gaine, de part et d'autre du prolongement du pétiole, s'observent des faisceaux, dont les uns se rendent dans cette portion plus épaisse de la gaine, tandis que les autres en sont isolés (pl. IV, fig. 42 et 43).

Dans un premier exemple, fourni par une feuille qui provient d'un bourgeon terminal à spire phyllotaxique dextre, la marge droite ([1]), plus petite, est appliquée sur la marge gauche de la gaine. La marge droite montre six faisceaux libéro-ligneux; la marge gauche n'en a que cinq (pl. IV, fig. 42). Dans chacune d'elles, le faisceau le plus proche du plan médian de l'organe entre dans le pétiole prolongé. Les faisceaux qui en restent écartés, s'incurvent à leur partie supérieure, forment un crochet parallèle à l'extrémité supérieure libre des oreillettes, et se terminent à faux dans le mésophylle. Dans les deux marges, ce sont les faisceaux les plus éloignés du plan médian de l'organe qui sont les plus gros.

Le second exemple provient d'un bourgeon terminal à spire sénestre. Ici la marge gauche, qui est la plus grande, recouvre la marge droite. Cette dernière est parcourue par huit faisceaux, tandis que l'autre n'en possède que six (pl. IV, fig. 43). Dans l'une comme dans l'autre, ce sont les deux faisceaux les plus voisins du plan médian de l'organe qui vont se perdre dans le prolongement du pétiole. A l'exception de celui de la marge gauche, qui est le plus loin du plan médian de la feuille, les autres faisceaux, dans chacune des deux marges, s'unissent dans leur partie supérieure par des anastomoses obliques, formant dans les oreillettes un réticulum à mailles irrégulières et serrées, dans lequel on remarque certains faisceaux plus gros.

([1]) Dans les figures 41 (pl. III), 42 et 43 (pl. IV), les marges ont été étalées.

Les deux exemples décrits sont d'âges différents. Celui que représente la figure 43 (pl. IV) est le plus âgé.

Pétiole et limbe. — La structure du pétiole et du limbe est semblable à celle de ces organes à l'état adulte.

Comparaison de la gaine des Monocotylées avec les stipules des Dicotylées.

Il y a lieu de discuter la valeur morphologique de l'organe engainant qui vient d'être décrit.

« Beaucoup de gaines, dit C. Göbel (**18**, p. 35), ne sont autre chose que des modifications particulières des *stipulae adnatae*, mais beaucoup aussi n'ont rien de commun avec la formation des stipules; c'est le cas, par exemple, pour les gaines de Monocotylées. Schleiden, ajoute encore C. Göbel, pensait, il est vrai, qu'elles avaient toutes une origine commune et que la distinction entre *vagina petiolaris* et *vagina stipularis* reposait sur une erreur dans l'observation de leur développement. »

Pour se faire une opinion dans le cas qui nous occupe, il faut évidemment être renseigné, d'une part, sur le mode de formation de l'organe, d'autre part, sur sa structure.

Je rappellerai d'abord que c'est la partie basale (selon Eichler) de la très jeune feuille, c'est-à-dire l'hypopode (d'après la terminologie de Bower), qui devient la gaine dans toute feuille adulte engainante.

Il convient de remarquer également que l'origine des stipules n'est pas aussi nettement déterminée. En se posant la question de savoir : « Que représentent phylogéniquement les stipules? » J. Massart (**32**, p. 213) constate, en effet, qu'il n'est pas possible de fournir une réponse décisive à cause de leur diversité d'origine : ces organes pouvant naître de l'hypopode, du mésopode ou de l'épipode (suivant la terminologie de Bower).

C'est là, il faut le remarquer, une notion en contradiction avec les idées de Ph. Van Tieghem (**51**, p. 292) sur ce sujet, car pour ce botaniste les stipules « doivent être considérées comme

une ramification très précoce du pétiole ou du limbe à sa base et dans son plan ».

Chez *Carludovica plicata* Kl., l'origine hypopodique des oreillettes ne fournit donc pas un critérium.

Pour ce qui concerne la structure comparée des stipules et des gaines, nous trouvons des données générales dans certains ouvrages. Voici comment on peut, me semble-t-il, par le raisonnement, établir une distinction dans l'organisation des unes et des autres.

La gaine n'est par définition que « la base dilatée par où la feuille s'attache au pourtour du nœud » (**51**, p. 282). Ses faisceaux doivent donc nécessairement provenir de la tige. Or, pour les stipules, tel n'est point le cas : « les nervures des stipules, dit Ph. Van Tieghem (**51**, p. 293), vont toujours s'attacher à peu de distance au-dessus de la surface de la tige, aux nervures du pétiole ou du limbe primaire, dont elles ne sont que des ramifications ».

Chez *Carludovica plicata* Kl., dans les expansions de forme auriculée, les faisceaux proviennent de la tige. C'est ce qui pourrait les faire considérer comme appartenant à une gaine que l'on appellerait auriculée. Mais il ne faut cependant pas perdre de vue que Ph. Van Tieghem (**51**) réserve le nom de stipules aux seules ramifications du pétiole et du limbe, tandis que J. Massart (**32**), élargissant la définition, admet des stipules naissant de l'hypopode.

Quoi qu'il en soit, les gaines auriculées vascularisées ne sont guère éloignées, comme structure, des stipules. On ne peut, me semble-t-il, établir de différence radicale entre ces deux sortes d'organes. Il y a lieu de supposer que l'absence des stipules (suivant Ph. Van Tieghem) est due à une surface d'insertion plus grande sur la tige, et que leur présence est l'effet d'un rétrécissement dans cette même surface d'insertion. Dans le premier cas, réalisé chez la plupart des Monocotylées, les faisceaux proviendront tous de la tige; dans le second cas, que l'on trouve chez un grand nombre de Dicotylées, certains faisceaux stipulaires se sont détachés du pétiole.

Il est regrettable que C. Göbel (**18**) n'ait pas cru devoir indiquer la différence qu'il trouve entre les gaines des Monocotylées et les stipules, adnés ou autres, au point de vue de leur formation. Il n'est cependant pas possible d'admettre, comme on vient de le voir, qu'il n'y ait rien de commun entre les unes et les autres. Rien ne prouve non plus qu'il n'existe pas de Monocotylée possédant des stipules, comme cet auteur l'a affirmé [1].

En résumé, l'existence d'une gaine auriculée chez *Carludovica plicata* Kl. me parait constituer un argument de plus en faveur de l'homologie de la gaine des Monocotylées et des stipules des Dicotylées, homologie soutenue par Schleiden (voir p. 30) et aussi par Trécul (**45**, p. 288).

Les observations de A. Mansion (**31**, p. 58) sur l'anatomie des feuilles dans le genre *Thalictrum* l'ont conduit à des conclusions analogues.

État adulte.

Nous sommes en présence de la feuille adulte, dont nous allons relever successivement les particularités structurales de la gaine, du pétiole et du limbe.

Gaine. — Une section transversale pratiquée vers le milieu de la gaine présente : un épiderme externe, un épiderme interne ainsi qu'un mésophylle. Celui-ci est parcouru à la fois par des faisceaux libéro-ligneux, des massifs scléreux et des canaux gommeux.

Les cellules de l'épiderme externe ne diffèrent guère de celles de l'épiderme interne ; les premières sont légèrement plus petites et relativement moins aplaties (pl. IV, fig. 44 et 46). Les unes et les autres sont quadrilatérales, à paroi externe assez for-

[1] Les vrilles chez *Smilax* ont été considérées comme des stipules non développées, par divers botanistes (H. von Mohl, de Mirbel, Trécul, A. Braun, etc.), tandis que d'autres, de Candolle notamment, les ont supposées des folioles non développées. Je dois rappeler également ici une note de D. Cauvet, *Probabilité de la présence des stipules dans quelques Monocotylédones* (Bull. Soc. bot. de France, vol. XII, 1865).

tement épaissie et un peu bombée. Vues de face, les cellules épidermiques de la surface externe montrent leur protoplasme concrétionné en anneau entre les parois radiales et transversales (pl. IV, fig. 47). La cuticule est lisse.

Les cellules stomatiques de la gaine, du pétiole et du limbe ne présentent pas de différence saillante. Elles sont représentées : vues de face par la figure 49 (pl. IV); en section transversale par la figure 50 (pl. IV).

Le parenchyme mésophyllien est composé de cellules de plus en plus grandes à mesure qu'elles s'éloignent des surfaces de l'organe. Dans ce tissu, on distingue trois régions successives ([1]). L'externe (pl. IV, fig. 44) est formée de cellules polygonales à peu près isodiamétriques, à méats fort petits. On rencontre dans cette région beaucoup de cellules plus grandes et plus ou moins arrondies, renfermant des paquets de raphides courtes. On y trouve aussi des massifs scléreux, constitués par un petit nombre d'éléments polygonaux à parois assez épaisses. Les cellules de la région moyenne sont plus développées (pl. IV, fig. 45). Elles laissent entre elles des méats de dimensions souvent considérables. Ces éléments sont ronds ou ovales. Ils ont des parois minces et sont parfois étirés tangentiellement. Cette région moyenne est parcourue par les faisceaux libéro-ligneux et les canaux gommeux. Les coupes longitudinales, à la base de la gaine, y montrent l'existence de canaux aérifères, dont certains grands méats représentent la section sur la coupe figurée (pl. IV, fig. 45). Les éléments de la région interne sont plus étirés et séparés par des méats beaucoup plus petits. Dans cette région s'aperçoivent des massifs scléreux ainsi que des sclérites isolées (pl. IV, fig. 46). La présence de grands méats dans sa région moyenne et leur absence dans les deux autres, nous permet de considérer comme centrique le mésophylle de cette gaine.

Les faisceaux libéro-ligneux sont disposés sur plusieurs rangées sensiblement concentriques. Ils ne montrent pas toujours un

([1]) Chez *C. palmata*, on trouverait, d'après A. Naumann (85), du collenchyme dans la gaine adulte (voir p. 10). Ce n'est point le cas chez *C. plicata* Kl.

fourreau scléreux complet. Souvent la partie libérienne seule est entourée d'un croissant d'éléments polygonaux à parois assez épaisses. Le liber mou forme deux massifs bien distincts de cellules plus petites, l'un à droite, l'autre à gauche, de part et d'autre du groupe des plus grands vaisseaux. Ces deux massifs se trouvent aux extrémités d'une bande incurvée de tissu à parois minces, dans la concavité de laquelle se trouve logé le bois et sur la convexité de laquelle est appliqué le croissant scléreux. Le bois montre un petit nombre de vaisseaux polygonaux d'assez grand diamètre. A l'extrémité interne de ce bois se remarque une lacune antérieure.

Dans la feuille adulte, c'est la gaine qui possède le plus grand nombre de canaux gommeux. C'est aussi dans cette partie de la feuille qu'on trouve les canaux les plus larges.

Pétiole. — Sur une section transversale moyenne, le pétiole a la forme d'un triangle à angles mousses.

L'épiderme est constitué par des cellules quadrilatérales ou pentagonales, plutôt allongées perpendiculairement à la surface de l'organe, et dont la cloison externe, assez épaissie, est légèrement incurvée. Vues de face, ces cellules sont hexagonales ou pentagonales, allongées dans le sens de la croissance de l'organe et d'autant plus étirées qu'on s'éloigne de la base du pétiole.

Dans le mésophylle s'aperçoivent deux régions. L'une périphérique, formant une bande annulaire fort étroite, est composée de cellules plus exiguës, polygonales, laissant entre elles des méats plus petits. Dans la région centrale, les éléments ont une forme ovale ou arrondie et les méats sont parfois assez grands. Tout le tissu mésophyllien est parsemé de cellules cristalligènes, plus larges, étirées longitudinalement, renfermant des raphides courtes. Au voisinage de la surface, dans la région périphérique, on remarque la présence de nombreux massifs scléreux, formés d'éléments polygonaux à parois fort épaissies.

Le nombre des faisceaux libéro-ligneux varie entre 30 et 62. Leur disposition se modifie avec le niveau auxquel la coupe est pratiquée. Au fur et à mesure qu'on se rapproche du sommet, les faisceaux tendent à prendre position, de part et

d'autre du plan médian, sur une série de courbes perpendiculairement auxquelles se trouvent les plis dans le limbe fermé.

Dans le bois, on remarque un ou deux vaisseaux de diamètre fort prédominant. On y observe aussi la présence d'une lacune antérieure.

Au point de vue histologique, le faisceau offre ici cette particularité d'avoir un liber à parois épaissies, qui affecte la forme d'un croissant à chaque pointe duquel se voit un îlot de cellules à parois minces. A l'intérieur de ce croissant, on aperçoit aussi quelques cellules à parois minces (pl. V, fig. 52), les unes isolées, les autres groupées par deux, disposées à proximité du bois ([1]).

Dans son *Anatomie de l'écorce*, J. Vesque (**52**, p. 178) a signalé chez le Bouleau un liber dont tous les éléments peuvent subir la sclérification. Il en serait de même, d'après Schacht (**39**) et Russow (**38**), pour le liber chez *Alisma Plantago* L. et *Plectogyne variegata* Lk. Chez *Carludovica plicata* Kl., la sclérification n'est pas, par conséquent, poussée aussi loin.

Traitées par le chlorure de zinc iodé, les cellules à parois épaissies du liber se colorent en jaune. Elles prennent une couleur rouge intense après l'action successive de l'acide chlorhydrique et de la phloroglucine.

L. Kny (**28**) a étudié les modifications que présente le liber mou dans les faisceaux des Monocotylées. Il rappelle (**28**, p. 95) que d'autres anatomistes avaient eu, avant lui, l'attention attirée sur les dispositions affectées par le liber mou. C'est ainsi que H. von Mohl (**55**, pp. x et xiii ; **56**, pp. 140 et 146) avait signalé, chez les Monocotylées, l'existence de faisceaux dont la structure s'écartait de celle qu'offre le faisceau collatéral typique. Le massif de liber mou qui, dans ce dernier, est entier et placé dans le plan médian du faisceau, se trouve, chez d'autres faisceaux, découpé en deux groupes par une bande médiane sclérenchymateuse, se détachant de la gaine. Si H. von Mohl n'a mentionné ce fait qu'au sujet du genre *Calamus*, il n'en est pas

([1]) On peut se demander si des éléments grillagés n'ont pas épaissi leurs parois.

moins vrai que cet auteur a représenté la même particularité chez *Acrocomia sclerocarpa* Masrt., *Sagus Raffia* Jacq. et *Chamaerops humilis* L.

Une semblable anomalie, toujours d'après L. Kny, aurait été figurée aussi par H. Karsten (**25**, pl. II, fig. 8 et 9), pour le pétiole, chez *Oenocarpus utilis;* par Schacht (**39**, vol. I, pp. 320 et 327), chez les genres *Calamus* et *Bactris;* par Dippel (**8**, vol. II, p. 128), chez *Calamus Rotang* L.; par Russow (**38**, pp. 9 et 36), chez *Calamus Rotang* L. et *Latania*, ainsi que dans d'autres familles de Monocotylées, chez *Xanthorrhea australis* R. Br., *Ophiopogon spicatus* Gawl. et *O. japanicus* Gawl.; par de Bary (**6**, p. 341) chez *Calamus* et chez *Rhapis flabelliformis.*

A la suite d'observations personnelles, L. Kny a retrouvé cette disposition nettement accusée chez trente autres espèces de Palmiers, dont il fournit la liste (**28**, p. 96). Il l'a rencontrée aussi chez *Xanthorrhea hastile* Smith et *Dasylirion acrostichum* Zucc.

Mais L. Kny a montré également que la division du liber mou pouvait être poussée plus loin. Dans les faisceaux du pétiole chez *Chamaerops humilis* L., il peut y avoir trois groupes libériens. Cette division en trois serait même de règle chez *Rhapis flabelliformis* L.

Les plus petits faisceaux, dans les feuilles, chez *Gynerium argenteum* N. ab. C., ont souvent dans leur liber mou des cellules scléreuses distribuées à peu près sans ordre. Cette structure se rencontre encore chez *Dasylirion longifolium* Zucc. Des cellules scléreuses isolées se montrent aussi chez *Astelia Banksii.*

Chez *Ophiopogon Jaburan*, *O. spicatus*, *O. spiralis* et *O. graminifolius*, le liber mou des feuilles, suivant L. Kny, est réduit à un nombre relativement petit de cellules à parois minces, qui sont, les unes isolées, les autres réunies par deux ou plus, et éparpillées dans le tissu scléreux externe.

Nous avons donc chez *Carludovica plicata* Kl. une structure intermédiaire entre celle que présentent, d'une part, les *Ophiopogon* que je viens de citer en dernier lieu, et celle qu'offrent, d'autre part, toutes les autres plantes énumérées en analysant le

travail de L. Kny. Chez *Carludovica palmaefolia* Hort., le nombre des cellules à parois minces, isolées ou groupées par deux, est plus grand que chez *C. plicata* Kl.

L. Kny (**28**, p. 105) s'est demandé quel rôle il fallait attribuer à cette division du liber mou en groupes plus ou moins nombreux dans les faisceaux.

D'après cet auteur, deux hypothèses se présentent à l'esprit

On peut se poser la question de savoir si le transport des matières élaborées n'est pas facilité par suite de cette multiplication des groupes de liber mou, qui augmenterait le nombre des voies. Mais rien non plus n'empêche de supposer que l'intercalation de sclérenchyme ne soit, avant tout, un moyen employé par la plante pour augmenter sa résistance à la flexion, et pour assurer, par la même occasion, une protection plus efficace aux éléments chargés du transport des matières élaborées.

Les observations anatomiques sur les feuilles étudiées par cet auteur l'amènent à conclure que la seconde hypothèse est la plus plausible.

Le nombre des canaux gommeux dans le pétiole adulte diminue vers le milieu de sa longueur. Un fait du même genre, d'après Ph. Van Tieghem (**48**, p. 164), s'observe chez *Anthurium crassinervium*. A mi-hauteur du pétiole, chez cette plante, on constate la disparition de tous les fascicules fibreux, épars dans le parenchyme interne, ainsi que des canaux gommeux.

Limbe. — La section transversale d'ensemble offre la forme d'un zig-zag. A chaque pli correspond une côte (pl. V, fig. 53). Cette dernière proémine alternativement à la face externe et à la face interne de l'organe.

Les épidermes externe et interne ne présentent pas de différence saillante. On trouve cependant plus de stomates à la face externe. Les cellules épidermiques ont leur paroi externe légèrement bombée et pourvue d'une assez forte cuticule.

Le limbe adulte ne montre pas de poils, mais sur les côtes on aperçoit, de-ci, de-là, les vestiges laissés par ces productions épidermiques. On remarque que certaines cellules y ont des dimensions fort différentes. Non seulement elles sont plus

grandes, mais ces cellules ont un aspect particulier. Leur paroi externe, fort incurvée, surplombe parfois (pl. IV, fig. 51).

Dans les intervalles séparant les côtes, le mésophylle ainsi que les faisceaux libéro-ligneux et les massifs scléreux qui le parcourent, ne fournissent à l'examen aucune particularité intéressante.

Des canaux gommeux ne s'observent qu'à la base du limbe dans la côte médiane.

Au fond des plis du limbe encore fermé, l'épiderme ainsi que les couches sous-jacentes mésophylliennes ne présentent pas de différence avec ces mêmes tissus dans l'intervalle entre deux côtes. Il n'en est plus de même lorsque le limbe s'est déployé. Dans celui-ci, ces assises cellulaires prennent des caractères spéciaux. Au moment où le limbe s'étale, leurs éléments croissent plus rapidement que les autres dans le plan perpendiculaire à la surface de l'organe. Si l'on compare la coupe pratiquée dans l'intervalle entre deux côtes (pl. V, fig. 54 et 55) avec celle faite au fond d'un pli (pl. V, fig. 56), représentées toutes deux sous le même grossissement, on verra combien la différence de croissance est grande [1]. Sur la face opposée à celle du fond du pli s'aperçoit sous l'épiderme un massif scléreux occupant toute la largeur de la côte (pl. V, fig. 57).

Cette particularité de structure du limbe ouvert me paraît pouvoir être rapprochée, à certains égards, de celle, devenue classique, que présente la feuille chez les Graminées. On sait que cet organe montre, chez ces dernières plantes, des mouvements périodiques de déploiement et de repliement. C'est pour cette raison que l'aspect de certaines Graminées, les matins brumeux, est différent de celui qu'elles offrent au soleil de midi. L'humidité amène le déploiement du limbe, tandis que la sécheresse provoque sa fermeture. Ces mouvements ont pour objet de protéger ces plantes contre les effets d'une transpiration trop active. En effet, à l'inverse de ce qui se remarque dans la plupart des autres plantes, les stomates du limbe des Graminées se trouvent

[1] H. VON MOHL (55, pl. K, fig. 1 et 7) a représenté la même particularité au fond du pli du limbe chez *Chamaerops humilis* L. Les cellules mésophylliennes agrandies ont été appelées par lui *cellulae hyalinae*.

sur sa face interne. Non seulement la face externe est dépourvue de ces ouvertures (*Sesleria tenuifolia* [1], etc.), mais ses cellules épidermiques possèdent une épaisse cuticule. La production de ces mouvements est due à la présence, au fond des plis qui sillonnent longitudinalement le limbe, d'un certain nombre de cellules spéciales disposées sur une ou plusieurs rangées (*Festuca punctoria*), et que Duval-Jouve (**13**) a désignées sous le nom de *cellules bulliformes*. Celles-ci ne possèdent pas de chlorophylle et sont étirées perpendiculairement à la surface; leurs parois sont élastiques [2].

Chez *Carludovica plicata* Kl., le déploiement ne constitue pas un phénomène périodique. Il est produit par des cellules qui ne diffèrent des autres que par la faculté qu'elles possèdent de croître plus rapidement dans certaines directions. Ces cellules épidermiques et mésophylliennes forment par leur ensemble des cordons longitudinaux jouant le rôle de charnières au moment du déploiement. Dans ces cordons, comme le montre la figure 56 (pl. V), on trouve des massifs scléreux. La présence des faisceaux libéro-ligneux et d'un talon scléreux dans le prolongement du fond des plis (pl. V, fig. 53), assure à l'organe la rigidité nécessaire pour permettre l'écartement des lanières que représentent les portions limbaires dans l'intervalle entre deux côtes, et qui étaient primitivement appliquées les unes contre les autres dans la feuille fermée [3].

(1) D'après Kerner von Marilaun (**26**, p. 314).

(2) Kerner von Marilaun (**26**) fait remarquer que les phénomènes d'ouverture et de fermeture périodiques des feuilles de Graminées, possèdent le même processus que ceux qui s'observent chez les Mousses, notamment chez toutes les espèces du genre *Polytrichum* et chez quelques-unes du genre *Barbula*.

(3) Dans un travail sur les jeunes Palmiers (**33**, p. 29, et pl. I, fig. 7), j'avais donné le nom de *tissu de charnière* à un semblable groupement de cellules destinées aussi à produire le déploiement par le même processus. Je dois reconnaître que cette appellation de *tissu de charnière* s'approprie mieux aux cellules *bulliformes* des Graminées qu'aux éléments épidermiques et mésophylliens chez *Carludovica* et chez certains Palmiers. Si on l'applique à ces plantes, c'est avec cette restriction qu'il s'agit ici d'une charnière qui, une fois ouverte, ne se ferme plus.

Ce même groupe d'éléments, chez les Palmiers, avait été dénommé *tissu de gonflement (Schwellgewebe)* par A. Naumann (**35**, p 250). Cet auteur avait parfaitement reconnu le rôle de ces cordons de cellules spécialisées.

Au sujet de la distribution des faisceaux libéro-ligneux et des massifs scléreux dans le limbe, je ferai remarquer que H. Schwendener (**42**, p. 77) a distingué trois catégories de supports destinés à assurer, chez les organes végétaux à symétrie bilatérale, la résistance à la flexion. Chez *Carludovica plicata* Kl., comme chez C. *palmæfolia* Hort., nous avons ce que l'illustre professeur de Berlin appelle des supports mixtes, du genre de ceux que G. Haberlandt (**21**, p. 158) signale chez divers Palmiers. Les plus grands faisceaux sont immergés à mi-distance entre les épidermes. Les côtes, soit donc alternativement à la face externe et à la face interne du limbe, possèdent sous l'épiderme une couche plus ou moins épaisse, découpée ou non, de tissu mécanique, constituant ainsi pour l'organe des poutrelles de tissu résistant, adjointes aux colonnes que forment les faisceaux, décrits à propos du pétiole, et que l'on retrouve avec les mêmes caractères dans le limbe.

Préfeuille. — Dans les bourgeons axillaires, les très jeunes feuilles sont protégées par une préfeuille. Celle-ci possède la structure que l'on rencontre dans la gaine d'une jeune feuille.

Cette préfeuille représente morphologiquement une feuille primordiale qui s'est accrue, en se différenciant histologiquement, mais sans plus former de gaine que de pétiole ou de limbe. Car si l'on ne peut admettre que le pétiole et le limbe procèdent de la gaine et que celle-ci soit antérieure à ceux-là, on ne peut pas non plus concevoir qu'une gaine se développe seule ou qu'une feuille puisse être réduite à sa gaine, ce qui revient au même.

Dans cette préfeuille, on trouve des cordons procambiaux en voie de différenciation. Les uns ont déjà une lacune antérieure, tandis que les autres n'en possèdent pas encore (pl. V, fig. 65).

Les figures 59 à 63 (pl. V) représentent une succession de coupes pratiquées dans un bourgeon axillaire, du sommet jusqu'au milieu de sa longueur. Elles montrent aussi la distribution des canaux gommeux. La figure 64 (pl. V) indique, de plus, la disposition relative des canaux gommeux et des faisceaux libéro-ligneux.

CHAPITRE II.

LA TIGE (¹).

A. *Son organographie.*

Chez les *Carludovica*, on rencontre d'assez grands végétaux herbacés à rhizomes, ou des plantes épiphytes à tige molle vivant à la façon des lianes et pouvant atteindre une longueur assez considérable, ou encore des plantes buissonnantes à tige ligneuse courte portant une couronne de feuilles. C'est à cette dernière catégorie qu'appartient *C. plicata* Kl. Chez un exemplaire de cette plante, cultivé dans les serres du Jardin botanique de l'Université de Liége, la tige a une longueur de 60 centimètres (²) et une largeur moyenne de 3 centimètres. D'autres pieds, dans les mêmes serres, possèdent des tiges mesurant respectivement 44, 38, 22, 16, etc., centimètres de longueur.

La tige est un organe cylindrique, couvert, jusqu'à sa couronne de feuilles, de cicatrices foliaires embrassantes. Dans chacune de celles-ci, la hauteur va en diminuant de la partie médiane vers les extrémités marginales.

B. *Sa structure* (³).

Au sommet végétatif se trouve un méristème primitif formé de cellules nettement hexagonales sur une coupe transversale. Celle-

(¹) Dans la littérature scientifique, je n'ai pas rencontré de travaux spéciaux concernant les tiges de Cyclanthacées. Mes recherches bibliographiques dans les traités généraux ne m'ont pas fourni non plus d'indications sur ces organes.

(²) Au sujet de la longueur de cette tige, on trouve dans la monographie de Drude (10, p. 94) les renseignements suivants : « Die Stämme der aufrecht wachsenden Arten werden selten über fusshoch (*Carludovica plicata* in botanischen Gärten) und armesdick... ».

(³) Il eût été trop malaisé de réunir les matériaux nécessaires pour aborder l'étude anatomique complète de la tige, c'est-à-dire à tous les âges et à tous les niveaux. Je me bornerai donc à donner un court aperçu des particularités histologiques de cet organe.



ci montre en même temps un dermatogène constitué par des cellules vaguement pentagonales, à cloison externe presque plane.

La figure 66 (pl. VI) représente une coupe d'ensemble rencontrant cinq feuilles successives entourant le sommet végétatif d'une tige. A l'aisselle de la première et de la troisième feuille se remarque un bourgeon axillaire.

Chacune des portions foliaires rencontrées par la coupe présente un maximum d'épaisseur dans son plan médian. La disposition de ces parties, cependant, est telle que le sommet végétatif est protégé par un rempart foliaire d'épaisseur assez uniforme.

La figure 67 (pl. VI) représente une tige encore fort courte avec son bourgeon terminal. Celui-ci montre des feuilles peu développées, non encore pétiolées.

La section transversale d'ensemble au milieu d'un entrenœud possède une forme elliptique. On y voit deux régions fort distinctes (pl. VI, fig. 68). L'intérieure a la même forme que l'organe.

La région extérieure ou corticale est entourée, sur cette coupe transversale, d'un épiderme composé de cellules quadrilatérales ou pentagonales, légèrement allongées perpendiculairement à la surface, à cloison externe un peu bombée, à cuticule présentant de petites aspérités pointues (pl. VI, fig. 69). Vus de face, ces éléments se montrent allongés dans le sens de la croissance de l'organe, et la cuticule est parcourue par des stries longitudinales qui se prolongent d'une cellule à l'autre pardessus les cloisons transversales [1]. Sur ces stries s'observent, en

[1] J. Sachs (voir Van Tieghem, **51**, p. 598, fig. 407) a figuré des stries analogues sur l'épiderme de la nervure médiane de la feuille du Houx (*Ilex aquifolium*). Au sujet du rôle de ces stries, il me paraît intéressant de rappeler ici l'idée émise par J. Vesque (**53**, p. 34) : « Il serait bien difficile, dit cet auteur, de déterminer par l'expérience le rôle de ces dessins cuticulaires ; mais étant donnée cette circonstance singulière que les épidermes plans en sont ordinairement dépourvus, tandis que les parties convexes en présentent presque toujours, il est permis d'émettre une hypothèse à mes yeux fort plausible. Chaque cellule convexe représente, en effet, une lentille convergente qui, malgré

nombre fort considérable, de très fines perles cuticulaires (pl. VI, fig. 70).

Les assises sous-jacentes à l'épiderme, généralement les trois premières, sont légèrement collenchymateuses (pl. VI, fig. 69). Elles ne montrent pas des grains d'amidon.

Sauf la plus intérieure, les autres couches de la région corticale sont constituées par des cellules elliptiques remplies de grains ovalaires d'amidon et laissant entre elles des méats assez grands. Vers la limite intérieure de cette région, les cellules sont disposées en séries rayonnantes.

On trouve, dans ce parenchyme cortical, quelques faisceaux, dont certains sont réduits à un petit nombre d'éléments à parois épaissies, ainsi que de larges canaux gommeux en relation avec ceux des feuilles, et des cellules cristalligènes à raphides disposées parallèlement à l'axe de la tige.

Cette région est limitée intérieurement par un phlœoterme ([1]) dont les éléments à parois minces sont étirés tangentiellement et montrent des plissements sur les faces radiales (pl. VI, fig. 71).

Le cylindre central ([2]) débute par une ou deux couches de

ses faibles dimensions, peut, surtout dans les pays chauds, notablement surélever la température en un point déterminé de la cellule épidermique ; il est donc important, dans ce cas, de remplacer la vitre lisse par une vitre cannelée qui a pour effet de disperser, d'égaliser la lumière incidente; de cette manière, on comprend pourquoi, dans un grand nombre de cas, les cellules convexes qui avoisinent les stomates ou les poils enfoncés au-dessous du niveau de l'épiderme et celles qui se relèvent en petites saillies autour de la base des poils sont striées, tandis que les autres ne le sont pas ».

([1]) C'est E. Strasburger (**44**, p. 484) qui a donné le nom de phlœoterme à la couche la plus interne de l'écorce (endoderme de Ph. Van Tieghem). Le botaniste allemand fait remarquer que le terme dont il préconise l'emploi présente l'avantage de pouvoir être appliqué, même dans les cas où la limite de l'écorce n'est pas différenciée d'une manière spéciale. Il réserve le mot endoderme pour les couches cellulaires à faces radiales cutinisées

([2]) Pour le cylindre central des Monocotylées, E Strasburger (**44**, p 343) a proposé le nom de stèle (*). A la région corticale, formée par les portions basales des gaines embrassantes, on pourrait, dit ce savant, appliquer le terme de stélolemme.

(*) Employé aussi par L. Errera dans son très remarquable *Sommaire du cours d'éléments de botanique pour la candidature en sciences naturelles.* (Bruxelles, 1898.)

cellules à parois minces, auxquelles viennent s'adosser des faisceaux libéro-ligneux. Sauf entre ces faisceaux, où elles sont étirées suivant le rayon, les autres cellules parenchymateuses du cylindre central (*tissu conjonctif* de Ph. Van Tieghem) ont les mêmes caractères que celles rencontrées dans la région corticale.

Pour ce qui concerne les faisceaux libéro-ligneux, on remarque que chez certains d'entre eux les vaisseaux [1] sont disposés en V ou en U entourant un liber mou (pl. VI, fig. 72); chez la plupart, cependant, les vaisseaux se réunissent en un anneau à peu près complet autour du liber mou (pl. VI, fig. 73).

Ces faisceaux peuvent être rangés parmi ceux que E. Strasburger (**44**, p. 348) appelle « amphivasale Gefässbündeln » [2], par opposition à ses « amphicribale Gefässbündeln » dans lesquels le bois est, au contraire, entouré du liber. E. Strasburger a eu soin d'indiquer aussi que les premiers se rencontrent surtout dans les rhizomes des Monocotylées [3].

Dans les tiges plus âgées, la structure ne présente guère de différences notables. Si nous examinons cet organe sur des coupes transversales, lorsqu'il a atteint 18 à 20 millimètres de diamètre, on voit, par exemple, que la région corticale est circonscrite par un épiderme fréquemment interrompu, composé de cellules quadrilatérales ou pentagonales, allongées tangentiellement.

L'assise corticale la plus externe forme un périderme exfoliant l'épiderme par places. Ce périderme, par des recloisonnements tangentiels, produit une couronne de liège.

L'apparence histologique générale de cette tige rappelle beaucoup celle des gros rhizomes. On sait, en effet, que dans les

[1] Il y a des faisceaux dans lesquels les vaisseaux n'ont pas épaissi leurs parois.

[2] Faisceaux concentriques.

[3] Chez *Acorus Calamus* L., DE BARY (**6**, p. 329, fig. 147 et 148, et p. 352) a montré que le même faisceau pouvait être collatéral dans sa partie supérieure et concentrique inférieurement.

PH. VAN TIEGHEM (**51**, p. 132) a indiqué, chez des Aroïdées, les différences histologiques que présentent des faisceaux en passant de la tige dans la feuille.

organes souterrains, racines et rhizomes, le système mécanique est édifié de façon à assurer à l'organe un maximum de résistance à la pression. C'est dans ce but que ce système mécanique est alors localisé dans la partie centrale. Dans la tige qui nous occupe, comme c'est le cas aussi dans les rhizomes, la résistance cherchée est obtenue par une agglomération de faisceaux dans le cylindre central. Ces faisceaux, eux-mêmes, présentent d'ailleurs des particularités que l'on est habitué à ne rencontrer que dans les rhizomes, et qui me les ont fait ranger dans la catégorie des « amphivasale Gefässbündeln » de E. Strasburger ou faisceaux concentriques des auteurs français.

Il ne sera pas inutile, me semble-t-il, d'attirer l'attention sur ce fait mentionné par O. Drude (**10**, p. 94), leur principal monographe, que la plupart des *Carludovica* possèdent un rhizome. La structure rhizomoïde de la tige chez *Carludovica plicata Kl.* est peut-être explicable par voie historique?

CHAPITRE III.

LA RACINE.

A. *Son organographie.*

Nous avons vu que Klotzsch (**27**, p. 468) considère *Carludovica palmaefolia* Hort. comme une variété de *C. plicata* Kl.

Ces deux plantes présentent cependant des différences assez importantes. C'est ainsi, notamment, que la première possède des racines aériennes, tandis que l'autre n'en a pas. Ces racines aériennes se dirigent vers le sol où elles s'implantent rapidement.

Au point de vue organographique, les racines souterraines, tant chez *Carludovica plicata* Kl. que chez *C. palmaefolia* Hort., ne montrent aucune particularité saillante.

B. *Sa structure.*

I. Résumé bibliographique. — On sait que, chez les Monocotylées, le cylindre central d'une racine commence par une assise périphérique de cellules (péricycle) alternant avec les éléments endodermiques. Contre cette assise périphérique et à des distances égales viennent s'appuyer un certain nombre de massifs ligneux qui alternent aussi avec autant de massifs libériens. Les premiers forment des lames rayonnantes, triangulaires ou cunéiformes en section transversale, à sommet externe, se dirigeant de la périphérie vers le centre. Les massifs libériens se projettent moins près du centre que les ligneux, et ils sont plus élargis tangentiellement.

Dans cette classe des Monocotylées, on trouve aussi des espèces dont le cylindre central de la racine présente des modifications intéressantes. C'est ainsi, notamment, que les files vasculaires peuvent montrer, en section transversale, divers genres de convergences et des découpures, plus ou moins nombreuses, que Ph. Van Tieghem (**49**) attribue à un développement beaucoup plus considérable de certains de ces massifs dans le sens du rayon. « Il est clair, dit le savant professeur du Muséum, que les fais-

ceaux (ligneux) du cylindre ne peuvent pas tous être disjoints, ni l'être tous au même degré. Aussi observe-t-on alors une alternance assez régulière entre les faisceaux moins développés, qui sont continus, et les faisceaux plus développés, qui sont disjoints à divers degrés. Les massifs libériens peuvent aussi se disjoindre « si le nombre des tubes (criblés) augmente au delà d'une certaine limite » (**49**).

Les racines de Monocotylées dans lesquelles s'observent les particularités qui viennent d'être signalées, ont été appelées « racines anormales ». A ce titre, elles ont fait, à diverses reprises, l'objet d'études spéciales que je ne crois pas devoir résumer.

Je rappellerai seulement que c'est C. Nägeli (**34**. p. **20**) qui a le premier attiré l'attention sur les racines possédant des » *Cambiformsträngen* [1] » disposés sur plusieurs rangs [2]. Il donna la description du faisceau multipolaire de la racine chez *Chamaedorea Schiedeana*.

Carludovica plicata Kl. appartient à cette catégorie de Monocotylées possédant des racines dites anormales.

On n'a rencontré jusqu'à présent cette sorte de racines que chez certaines espèces des familles suivantes:

Musacées,
Cyclanthacées,
Aroïdées,
Palmiers,
Pandanacées,
Amaryllidacées (*Agave*),
Orchidées,
Commélynées (*Spironoma*),
Liliacées (*Dracaena*).

[1] C'est le nom sous lequel les massifs libériens étaient désignés dans son travail.

[2] Antérieurement, H. von Mohl (**56**) avait cependant relevé la découpure des files vasculaires du faisceau de la racine chez *Iriartea*. En effet, lorsqu'il décrivit cet organe, l'illustre anatomiste allemand fit remarquer que les vaisseaux étaient entourés d'une ou de deux rangées de « cellules parenchymateuses ».

Dans les trois dernières familles, l'anomalie réside en une simple dislocation, plus ou moins accentuée, dans le massif ligneux, où le vaisseau terminal peut être séparé du reste du massif par une ou plusieurs assises de cellules.

Il convient de remarquer, pour ce qui concerne la disposition des massifs libériens périphériques par rapport à ceux qui sont plus rapprochés du centre, que C. Nägeli avait cru reconnaître une intercalation d'ilôts grillagés entre les groupes trachéens et les grands vaisseaux chez *Chamaedorea Schiedeana* (**34**, p. 20).

Depuis lors, P. Falkenberg (**16**, p. 96 et pl. III, fig. 7) a montré que les ilots internes de liber se trouvent chez cette plante sur les rayons qui rencontrent les massifs périphériques.

L'observation de P. Falkenberg a été reconnue pouvoir être appliquée aussi à diverses autres espèces de *Chamaedorea*, à *Cocos reflexa* et à *Cocos flexuosa* ([1]) par M. O. Reinhardt (**37**).

Dans un travail sur les jeunes Palmiers (**33**, p. 50), j'ai eu l'occasion de signaler dans le faisceau de la racine chez *Latania Loddigesii* M., en germination, des massifs libériens divisés en deux ilots situés sur le même rayon.

Ph. Van Tieghem, dans son mémoire sur la structure des Aroïdées, a insisté sur le parallèlisme de structure des lames libériennes et des lames vasculaires alternes chez ces plantes, et il montre que « ces deux sortes de faisceaux ont souvent la même forme compacte ou disjointe » (**48**, p. 38).

La racine de *Cyclanthus bipartitus* a été étudiée par Ph. Van Thieghem dans un travail ultérieur. Cette racine ne différerait de celle de *Pandanus*, décrite par cet auteur (**49**, pp. 156 et 157), que par des fibres brillantes plus larges, moins épaissies et disséminées par groupes de deux ou de trois seulement dans le parenchyme cortical et dans le parenchyme conjonctif qui sépare les gaines fibreuses dans le cylindre central.

En 1884, dans une dissertation inaugurale présentée à l'Université de Berlin et relative au tissu conducteur des racines à

([1]) Mes recherches sur des germinations de *Cocos flexuosa* (**33**, p. 57) ne m'ont pas montré de racine dite anormale.

structure anormale des Monocotylées, M. O. Reinhardt (**37**, p. 344) s'est occupé de certaines racines de Cyclanthacées. Ses recherches ont été effectuées sur *Carludovica Hookeri, C. Moritziana* et *Cyclanthus* sp.

D'après cet auteur, les racines des Cyclanthacées ont une structure analogue à celles des Musacées. En les comparant les unes aux autres, il ne décèle, en effet, que des différences de peu d'importance, portant surtout sur les dimensions et le nombre des vaisseaux et des tubes criblés. Il montre aussi les dispositions affectées par les vaisseaux écartés des massifs ligneux périphériques. Chez les Cyclanthacées, d'après M. O. Reinhardt, ces vaisseaux ne sont jamais complètement isolés, comme c'est le cas chez les Musacées; ils se réunissent en groupes offrant, en section transversale, la forme de courbes irrégulières. L'image que présentent ces groupes sur les coupes de la racine varie beaucoup, parce que des vaisseaux se détachent parfois d'un groupe pour s'unir à un autre groupe, parcourant isolément un certain trajet. De plus, il arrive aussi que certains groupes entiers se réunissent à d'autres ou que des disjonctions s'observent dans le même groupe. M. O. Reinhardt a examiné de même les massifs libériens périphériques et intérieurs; il a indiqué les formes qu'ils peuvent prendre suivant leur position entre les groupes vasculaires. Entre les vaisseaux les plus rapprochés du centre, rangés en anneau fermé, cet auteur signale l'absence de massifs libériens. Le nombre de ceux-ci irait en augmentant jusqu'à la périphérie où ils alternent avec les groupes vasculaires.

Enfin, assez récemment, Ph. Van Tieghem et H. Douillot (**50**, p. 302) ont étudié le mode d'origine des radicelles chez *Cyclanthus bipartitus*.

II. Observations. — Dans la description histologique qui va être faite de la racine latérale chez *Carludovica plicata* Kl., j'établirai, à l'occasion, des comparaisons avec la structure de la racine souterraine chez *C. palmaefolia* Hort.

Je donnerai ensuite un court aperçu des caractères structuraux les plus importants de la racine aérienne que l'on trouve dans la variété horticole.

Chez *Carludovica plicata* Kl., la coiffe, dans sa structure, ne présente rien de particulier. Elle est constituée par de grandes cellules vides qui, par suite de la gélification de leur membrane, s'isolent en provoquant son émiettement. Vues de face, les cellules, non encore affaissées, se montrent pentagonales ou hexagonales.

Dans l'assise pilifère, les cellules prolongées en poils sont fort rares. Presque tous les éléments, sur la coupe transversale, sont pentagonaux ou ovalaires, étirés tangentiellement. Leur paroi externe est plus ou moins fortement bombée. La plupart de ces éléments ont leur membrane épaissie. Des cellules à parois minces sont entremêlées aux autres. C'est là un cas intéressant d'adaptation de l'assise pilifère, qui joue ainsi à la fois le rôle d'organe protecteur et celui d'organe absorbant (pl. VII, fig. 74).

L'absence presque complète de poils radicaux a été signalée dans diverses catégories de plantes.

Il résulte des importantes recherches de Frank Schwarz (**41**, p. 166), que l'on peut admettre la superfluité de ces poils lorsque se trouve réalisée l'une ou l'autre des conditions que voici :

« En premier lieu, l'absorption de l'eau et des matières nutritives se trouve fort facilitée par un emploi beaucoup moins grand (en d'autres termes, vis-à-vis d'un excès d'eau et de matières nutritives). C'est ce qui se rencontre chez les plantes aquatiques et celles des marécages.

« En second lieu, l'emploi ainsi que le besoin d'eau et de matières nutritives sont moindres sans qu'il y ait connexité avec une difficulté particulière de leur absorption (ce qui se passe chez les Conifères, les plantes à tubercules et en partie aussi chez les parasites). »

D'après Frank Schwarz (**41**, p. 168), l'absence de poils radicaux chez les *Agave* et les Palmiers est provoquée par la même cause que chez les Conifères. Elle résulterait de ce que les feuilles, dans ces diverses plantes, sont entourées d'une cuticule épaisse, qui diminue leur transpiration, et de ce que ces végétaux ont généralement un système radical très développé.

Il convient, me semble-t-il, de faire remarquer aussi que, parmi d'autres caractères histologiques, G. Firtsch (**17**, p. 352) cite l'absence de poils radicaux chez *Phoenix dactylifera* L. pour démontrer que ce Palmier, de par son organisation, réclame un sol très humide.

Je n'ai pas trouvé d'indications sur la station de *Carludovica plicata* Kl. dans l'Amérique tropicale. L'absence presque complète de poils radicaux, jointe à certaines autres particularités de structure, me fait cependant supposer que cette plante croît dans des endroits d'ordinaire humides.

L'assise sous-pilifère est constituée par des cellules à parois minces, de forme pentagonale ou hexagonale en coupe transversale. Ces éléments sont en général plus grands que ceux qui composent l'assise précédente.

A proximité du sommet de la racine, le parenchyme cortical est formé de cellules assez petites, sans méats.

Une coupe pratiquée dans une racine adulte, vers le milieu de sa longueur, montre dans ce tissu trois régions annulaires nettement distinctes.

Dans l'anneau extérieur, sauf les deux premières assises qui sont formées d'éléments collenchymateux, les cellules possèdent des parois minces et renferment des grains ovalaires d'amidon.

L'anneau moyen (G. Scl., pl. VII, fig. 75) constitue une gaine mécanique assez épaisse d'éléments à parois transversales minces, mais à cloisons radiales et internes sclérifiées, portant de petites ponctuations et se colorant en jaune par le chlorure de zinc iodé.

Enfin, l'anneau intérieur est reconnaissable à ses rangées, rayonnantes près de l'endoderme, de cellules de forme arrondie et bondées de grains d'amidon. Ces éléments laissent entre eux plus que des méats, de véritables lacunes. La présence de ces canaux aérifères semble encore indiquer pour *Carludovica plicata* Kl. une station humide.

Dans la racine souterraine chez *Carludovica palmaefolia* Hort., la première assise du parenchyme cortical est constituée par des groupes de cellules possédant des épaississements en U intéres-

sant les faces radiales et internes, qui alternent avec des groupes d'éléments à parois minces. Nous avons là une gaine mécanique coupée par des *Durchgangszellen*. Des cellules sclérifiées, isolées ou groupées par deux sur la coupe transversale, sont disséminées, en outre, dans le parenchyme sous-jacent.

Près du sommet de la racine, l'endoderme, chez *Carludovica plicata* Kl., est représenté par des éléments à parois minces, dont les faces radiales montrent les plissements caractéristiques (pl. VII, fig. 76).

Dans la coupe à mi-longueur de l'organe adulte, l'endoderme présente une alternance de cellules à parois épaissies (1) et d'éléments restés minces : les premiers vis-à-vis des massifs libériens de la périphérie du faisceau, les autres vis-à-vis des pôles ligneux (pl. VII, fig. 78).

Sur la coupe près du sommet, le péricycle est composé de cellules à parois minces, étirées tangentiellement (pl. VII, fig. 76 et 77).

A mi-distance de la base, dans la racine adulte (2), les cellules péricycliques ont épaissi leurs parois (pl. VII, fig. 78), légèrement vis-à-vis des massifs libériens périphériques, plus fortement entre ceux-ci et les pôles ligneux.

Sur des sections transversales successives, pratiquées du

(1) Schwendener (**43**, p. 34) cite les *Carludovica* parmi les plantes dont les cellules de la gaine (endodermique) de la racine ont, de même que les éléments voisins de l'écorce, épaissi leurs parois (catégorie C). Il ajoute même que « *Carludovica* schliesst sich in dieser Hinsicht den Palmen an, welche durchgehends mit porös-verdickten Scheiden versehen sind ». Je n'ai point remarqué chez *Carludovica plicata* Kl d'épaississement dans les assises corticales adjacentes à l'endoderme. Les cellules y conservent des parois minces, mais il n'en est plus ainsi à l'intérieur de la gaine (endodermique), où certaines cellules péricycliques épaississent légèrement leurs parois et où la plupart des fibres primitives épaississent fortement leurs parois. *Carludovica plicata* Kl. me paraît donc devoir être rangé dans la catégorie D, établie par Schwendener pour les racines dont l'endoderme et les couches voisines du faisceau sont constitués par des éléments épaissis.

(2) D'après M. O. Reinhardt (**37**, p. 362), le « péricambium » possède des parois épaissies chez les *Carludovica* qu'il a étudiés, tandis qu'il conserve des parois minces chez les *Cyclanthus*.

sommet vers la base, dans la racine, on observe les modifications de structure que voici :

Sous la coiffe, tout le faisceau est à l'état procambial.

Les premières trachées ne se montrent que plus loin (pl. VII, fig. 76, *t'*); mais sur les coupes intermédiaires, on distingue cependant déjà des éléments plus larges, à parois minces, offrant les caractères des vaisseaux.

En s'éloignant encore du sommet, on voit d'abord des massifs libériens et des files vasculaires entourés de fibres primitives à parois minces (pl. VII, fig. 77), puis des groupes d'éléments libériens, séparés pas des fibres primitives à parois épaissies (pl. VII, fig. 78 et 81). Le nombre de ces groupes va progressivement en augmentant avec l'âge et le niveau (pl. VII, fig. 79 et 80). Le bois est formé de trachées et de vaisseaux rayés ou scalariformes (¹). Les fibres primitives, sur les sections longitudinales, sont alors allongées, pointues ou non à leur extrémité. Elles portent des ponctuations elliptiques assez grandes. Si on les soumet à l'action successive de l'acide sulfurique concentré et de la solution aqueuse d'iode ioduré, on remarque que les couches d'épaississement gonflent au point d'obturer leur cavité interne; la lamelle moyenne se colore en bleu.

La figure 79 (pl. VII) représente un faisceau en coupe transversale, possédant quatorze pôles ligneux; la figure 80 en montre un autre qui en a vingt-sept. Entre les files vasculaires, dans les deux coupes, s'observent de nombreuses convergences ainsi que des dislocations très accentuées. Dans la figure 80, les vaisseaux les plus rapprochés du centre ne peuvent plus être rapportés aux groupes trachéens périphériques.

Par la comparaison des figures 79 et 80 (pl. VII), on voit aussi combien peuvent varier le nombre et la disposition des massifs libériens, tant périphériques qu'intérieurs. Même au début de la différenciation libéro-ligneuse, je n'ai pu constater d'alternance ni d'opposition entre les périphériques et les autres (²). Ces der-

(¹) Ces vaisseaux ont un diamètre assez grand.

(²) Voir p. 48.

niers, d'abord disposés sur une seule rangée plus ou moins circulaire, se trouvent plus tard sur plusieurs.

La figure 81 (pl. VII) représente un massif libérien intérieur entouré de fibres primitives épaissies.

Chez *Carludovica palmaefolia* Hort., le faisceau de la racine souterraine possède des massifs libériens à éléments plus larges, mais moins nombreux.

Dans le faisceau multipolaire à fibres primitives épaissies, chez *Carludovica plicata* Kl., se remarque, à la base de la racine, une région où les cellules ont conservé des parois minces (pl. VII, fig. 80). Cette région, plus ou moins centrale et plus ou moins longue, va en diminuant de largeur vers le sommet et finit par disparaître complètement (pl. VII, fig. 79). D'après M. O. Reinhardt (**37**), chez *Carludovica Hookeri* et *C. Moritziana*, l'ensemble de ces cellules forme un cône dont le diamètre équivaudrait à un cinquième ou à un sixième du cylindre central, et dont la longueur mesurerait quelques centimètres.

Enfin, je crois devoir noter, tant pour la racine de *Carludovica plicata* Kl. que pour celles de *C. palmaefolia* Hort., une absence complète de canaux gommeux, alors que ceux-ci existent dans tous les autres organes chez ces plantes.

La racine aérienne, chez *Carludovica palmaefolia* Hort., possède un voile constitué par une assise pilifère multiple, dans laquelle on compte quatre ou cinq assises de cellules. Certaines de ces cellules, dans la couche la plus externe, se prolongent en poils. Ce voile ne montre pas d'éléments munis d'épaississements.

L'assise sous-pilifère ne diffère pas de celle rencontrée dans la racine souterraine.

La première assise du parenchyme cortical ne forme pas de gaine mécanique. L'endoderme conserve des parois minces.

Il en est de même du péricycle.

Dans le faisceau ne se voient ni fibres primitives épaissies, ni vaisseaux à parois épaissies. Ceux-ci sont représentés par des cellules qui ne se distinguent des fibres primitives, dont elles sont enveloppées, que par un diamètre quelque peu plus grand.

D'autres *Carludovica* possèdent aussi deux sortes de racines,

mais les unes fixatrices (*Haftwurzeln*), les autres nourricières ou absorbantes (*Nährwurzeln*). C'est le cas pour *C. Plumieri*, plante épiphyte atteignant parfois plusieurs mètres de hauteur, croissant en la République Dominicaine, sur des troncs d'arbres de la forêt vierge.

A.-F.-W. Schimper (**40**, p. 54) a relevé les différences de structure que l'on remarque dans ces deux espèces de racines.

Le faisceau dans les racines nutritives ou absorbantes est fort gros et montre de très nombreux groupes libériens et des massifs de larges vaisseaux. Les uns et les autres alternent à la périphérie, tandis qu'à l'intérieur ils sont disséminés sans ordre les uns parmi les autres. Le tissu conjonctif [1] est constitué par des cellules fibreuses sclérifiées.

La section transversale des racines fixatrices est toute différente. Le faisceau est mince et consiste principalement en cellules fibreuses très épaissies. Les groupes libériens et les lames vasculaires, à éléments étroits et peu nombreux, sont localisés à la périphérie.

Par ces indications sur *Carludovica Plumieri* ainsi que par les observations que je viens de relater sur *C. plicata* Kl. et *C. palmaefolia* Hort., on voit combien le cylindre central des racines est soumis à l'épharmonie.

[1] *Zwischengewebe* (*loc. cit.*, p. 55).

SECONDE PARTIE.

ORGANES FLORAUX.

CHAPITRE PREMIER.

LA HAMPE FLORALE ET LES SPATHES.

A. *Leur organographie.*

L'inflorescence est un spadice monoïque.

Sa hampe présente deux parties bien distinctes.

L'inférieure, beaucoup plus longue, est composée de quatre entrenœuds ([1]), dont le premier, très développé, affecte la forme d'un cône allongé et renversé; les autres entrenœuds restent très courts (pl. VIII, fig. 82). A chaque nœud est insérée une spathe caduque, parallélinerviée, qui, lors de l'épanouissement, se renverse le long de la hampe avant de se détacher (pl. VIII, fig. 83 et 84). Les trois spathes sont atténuées en pointe à leur sommet. Leurs plans médians font entre eux un angle de 120°. La plus inférieure et la plus élevée sont respectivement la plus grande et la plus petite.

La partie supérieure de la hampe constitue une masse ovoïdale, sur laquelle les fleurs mâles et les fleurs femelles sont placées suivant des cercles superposés.

Entre la dernière spathe et le premier cercle se trouve un espace annulaire nu.

Chaque inflorescence naît d'une bourgeon axillaire, comprenant à la fois un axe végétatif et une inflorescence, entouré d'une préfeuille. L'axe végétatif avorte dans certains cas, et l'inflores-

([1]) Chez *Carludovica palmaefolia* Hort., on trouve six entrenœuds et cinq spathes beaucoup plus grands.

cence, d'abord cachée dans l'aisselle d'une feuille adulte, ne devient visible que par suite d'un fort allongement de l'entrenœud inférieur.

B. *Leur structure.*

Examinons la structure de la hampe, puis celle des spathes.

Sur une grande partie de sa longueur, le premier entrenœud possède un épiderme dont les cellules, en certaines régions, ont leur cloison externe relevée en forme de mamelon verruqueux (pl. VIII, fig. 87). Rencontrées par des coupes transversales (pl. VIII, fig. 86), ces verrucosités ou grosses perles cuticulaires montrent intérieurement une tache ovale réfringente. Les éléments épidermiques présentent, vus de face, un contour hexagonal. Les stomates de cet épiderme ne diffèrent pas de ceux rencontrés sur la feuille.

Dans la région périphérique du parenchyme se remarquent, sur des coupes transversales, de nombreux massifs scléreux dont les cellules, à parois assez épaisses, sont polygonales. Quelques-uns d'entre eux, contigus à l'épiderme, occupent la place d'un élément de ce parenchyme. On rencontre aussi dans le même tissu des cellules cristalligènes, en général plus grandes, les unes à raphides courtes, les autres à raphides longues.

Les coupes successives pratiquées dans la hampe, d'une extrémité à l'autre, montrent que les canaux gommeux du premier entrenœud peuvent présenter des interruptions, des divisions et des confluences. Leur nombre diminue assez brusquement à la limite supérieure de ce premier entrenœud.

Les faisceaux libéro-ligneux manifestent une tendance centripète d'autant plus accusée qu'ils sont plus rapprochés du sommet de l'entrenœud. Quelques faisceaux sont soudés deux à deux (pl. VIII, fig. 85).

Dans les faisceaux, on remarque que le bois présente un ou plusieurs vaisseaux très larges à section arrondie ou polygonale. Certains d'entre ces faisceaux montrent une lacune antérieure. Dans le liber, beaucoup d'éléments sont épaissis et ne se distinguent pas des cellules du fourreau scléreux externe.

La structure varie de la base au sommet de l'entrenœud considéré.

Dans le voisinage de la première spathe, sur des coupes transversales, l'épiderme se montre exclusivement formé de cellules tabulaires à paroi externe presque plane et peu épaissie (pl. VIII, fig. 89). Les massifs scléreux à parois fort épaisses font défaut, mais on trouve des groupes de cellules polygonales plus petites à parois minces (pl. VIII, fig. 90). Dans les faisceaux, seuls les trachées et les vaisseaux ont leurs parois épaissies. Le fourreau scléreux a disparu et les vaisseaux sont d'un calibre moins grand (pl. VIII, fig. 91). Le diamètre de la section transversale d'ensemble a augmenté dans le rapport du simple au double.

Les autres entrenœuds ne présentent pas de particularité saillante. On constate, cependant, que le nombre des canaux gommeux, très faible dans le second, augmente légèrement dans le troisième.

La région basale, cylindrique, nue, que l'on trouve dans la partie supérieure de la hampe, ne nous offre pas, non plus, de différence dans sa structure. On remarque seulement, dans la portion libérienne des faisceaux, une légère sclérification des éléments qui se montrent si fortement épaissis à la base du premier entrenœud. Dans cette région, on trouve des canaux gommeux très volumineux et plus nombreux.

Les sections transversales dans les trois spathes sont fort semblables entre elles. Les faisceaux libéro-ligneux possèdent un liber à parois minces, et leur bois montre un grand nombre de vaisseaux ronds ou polygonaux de petit diamètre ainsi qu'une lacune antérieure (pl. VIII, fig. 92). Dans le voisinage des épidermes, on trouve de nombreux canaux gommeux. Ces canaux gommeux se trouvent dans la région moyenne du mésophylle. Entre deux faisceaux consécutifs, on en rencontre un ou deux. Dans la nervure médiane, ils sont souvent très nombreux.

CHAPITRE II.

LA FLEUR FEMELLE.

A. *Son organographie.*

Les fleurs femelles ont un périanthe de quatre folioles, dont deux latérales, une supérieure et une inférieure (pl. VIII, fig. 94). Ces folioles, réduites à des bourrelets obtus, se réunissent inférieurement. En dedans et en face de chacune d'elles s'aperçoit un long staminode filiforme qui lui est adné partiellement par sa base. D'abord replié un certain nombre de fois sur lui-même, chaque staminode se redresse ensuite perpendiculairement à la surface libre de la fleur lorsque les spathes protectrices se sont écartées pour l'épanouissement. Les staminodes portent à leur sommet un rudiment d'anthère introrse (¹). Ils ont une longueur de 55 à 60 millimètres et un diamètre de 1 à 1.5 millimètre.

La fleur femelle est non seulement sessile, mais elle a une cavité ovarienne se prolongeant dans la partie charnue périphérique de l'axe de l'inflorescence (pl. VIII, fig. 100). L'ovaire est surmonté de quatre lobes stigmatifères radiants (pl. VIII, fig. 94). Ceux-ci, épais et sessiles, alternent avec les quatre staminodes et sont parcourus par un sillon médian. A ces lobes se réduisent donc les seules parties du gynécée, visibles extérieurement. On les trouve disposés suivant les diagonales d'un carré dont les pièces périanthales forment les côtés. Les placentas pariétaux de l'ovaire uniloculaire sont charnus et portent un nombre indéfini d'ovules anatropes, pourvus d'un court funicule (pl. VIII, fig. 95). Ils n'alternent pas avec les staminodes comme le représente à tort le diagramme de la fleur femelle, donné par E. Le Maout et J. Decaisne (**29**, p. 622), et ils ne répondent pas, par conséquent,

(¹) Ce rudiment d'anthère s'incurve vers l'extérieur. O. Drude (**10**, p. 95, fig. 66 B) l'a figuré sous la forme d'un crochet.

aux lobes stigmatifères, ainsi que ces auteurs l'ont indiqué. Ils se rencontrent, au contraire, sous les staminodes (pl. VIII, fig. 95).

On remarque chez les *Carludovica* que le diagramme de la fleur femelle présente trois verticilles tétramères : le premier composé de quatre pièces formant le périanthe; le second, des quatre staminodes; le troisième, enfin, des quatre carpelles (pl. VIII, fig. 94). Il y a opposition entre le premier et le second verticille, alternance entre le deuxième et le troisième. Cette disposition pourrait faire supposer l'absence d'un périanthe tétramère interne qui rétablirait la loi d'alternance régulière.

Le fruit composé constitue un syncarpe presque sphérique. Dans la pulpe se voient des graines ellipsoïdiques (pl. VIII, fig. 97) renfermant un grand embryon conique au sein d'un albumen oléo-amylifère (pl. VIII, fig. 96 et 98).

B. *Sa structure.*

J'examinerai successivement le périanthe, les staminodes et le pistil.

Périanthe. — Dans les pièces périanthales, l'épiderme est composé de cellules à cloison externe assez bombée et peu épaissie. Dans le parenchyme (ou mésophylle), on trouve un grand nombre de sclérites (pl. VIII, fig. 99) isolées ou réunies en petits groupes. Ce sont des éléments allongés et étroits, à parois fortement épaissies et aréolées. Ils sont disposés perpendiculairement à la surface. On rencontre aussi dans le même tissu de nombreuses cellules cristalligènes à raphides courtes.

Chacune des folioles est parcourue par sept cordons libéro-ligneux, dont un médian. Sur la section transversale de l'inflorescence, comme sur celle de la fleur femelle, on remarque que ces cordons sont plus rapprochés de la surface interne que de la surface externe de la foliole (pl. IX, fig. 100 et 112).

La section radiale d'ensemble pratiquée dans l'inflorescence, et que représente la fig. 100 (pl. IX), laisse voir l'union d'un cordon libéro-ligneux médian d'une pièce périanthale avec celui d'un staminode opposé et adné par sa base à cette pièce.

Staminode. — Dans un staminode, il faut distinguer deux régions : 1° celle du filet et 2° celle du rudiment d'anthère (pl. IX, fig. 101).

1° *Filet.* — En section transversale, les cellules épidermiques sont carrées ou pentagonales, à paroi externe légèrement bombée, à cuticule peu épaisse (pl. IX, fig. 102, 103, 104). Dans certains groupes de cellules épidermiques, on constate des modifications remarquables. Ces cellules se dilatent fortement dans une direction perpendiculaire à la surface de l'organe, par suite d'une abondante sécrétion (pl. IX, fig. 102, 103 et 104).

L'écartement trop considérable consécutif des cloisons externe et interne, provoque la déchirure des parois latérales et, ainsi, la fusion en une masse unique, ayant l'apparence d'une lentille biconvexe, de la substance sécrétée par toutes les cellules d'un groupe. Ces formations épidermiques ou loupes glanduleuses proéminent à la surface (pl. IX, fig. 104) et refoulent devant elles le parenchyme sous-jacent. Vues de face, les cellules épidermiques constituant ces loupes sont fortement étirées tangentiellement et de forme polygonale (pl. IX, fig. 105).

Le parenchyme est formé de cellules arrondies en section transversale. Certaines d'entre elles, plus volumineuses, possèdent un contenu ayant le même aspect que celui des éléments épidermiques glanduleux. Sauf au voisinage du cordon libéro-ligneux, qui est central, les cellules du parenchyme renferment en grande quantité des grains ovalaires d'amidon. On observe aussi, dans ce tissu, des cellules cristalligènes à raphides courtes ainsi que deux ou trois canaux gommeux.

Le cordon libéro-ligneux a été représenté pl. IX (fig. 107).

La comparaison des fig. 104 et 106 (pl. IX) met en évidence les différences existantes entre un filet staminodique et un filet staminal.

2° *Anthère rudimentaire.* — Par des coupes pratiquées, à proximité du sommet du staminode, dans le rudiment d'anthère, on voit que ce dernier est constitué par deux sacs polliniques ordinaires (pl. IX, fig. 108) renfermant même des grains de

pollen[1]. A la place occupée, dans les anthères des groupes androcéens ou phalanges, par les deux autres sacs se remarquent ici des organes ressemblant extérieurement à des sacs, mais d'une structure bien différente. On n'y trouve pas, en effet, de tissu sous-épidermique à bandes d'épaississement. L'épiderme et le parenchyme présentent les mêmes caractères que ceux relevés dans ces tissus pour le filet staminodique, et non ceux qui seront indiqués pour l'anthère chez la fleur mâle. J'ajouterai que le parenchyme, dans chacun de ces pseudo-sacs polliniques, est parcouru dans sa longueur par un canal gommeux qui poursuit sa course jusqu'à la base du staminode.

Pistil. — Sur les coupes transversales et radiales de l'inflorescence, déjà sous un faible grossissement, on voit que la ligne foncée que l'on remarque sur chacun des lobes stigmatifères, correspond à un chenal ou sillon qui va en s'approfondissant vers le milieu de la fleur où il communique par un étroit conduit avec la cavité ovarienne (pl. IX, fig. 109). Les berges du chenal sont couvertes d'un fouillis de poils collecteurs, unicellulaires, débordant à l'extérieur du chenal sur les bords.

La structure des lobes stigmatifères est fort analogue à celle

[1] Dans un travail publié en 1880, A. Gravis (**19**, p. 39 du tiré à part) a démontré, après discussion des vues des auteurs sur la nature morphologique de l'anthère, que « l'étamine est un organe de nature variable renfermant des amas de pollen ou sacs polliniques dont le nombre, la forme, les rapports, varient extrêmement, mais dont la genèse est toujours due à une différenciation du tissu profond de l'organe qui les porte ». La présence de sacs polliniques dans les organes appelés ici staminodes par les auteurs, n'est-elle pas de nature à nous faire plutôt considérer ces organes comme des étamines vraies? La réponse à cette question me paraît devoir être affirmative si l'on s'en rapporte à la définition, donnée par Ph. Van Tieghem (**51**), des staminodes. Ceux-ci, en effet, d'après le botaniste français, sont des étamines où *les sacs polliniques ont avorté* et où le filet et le limbe ont subi en même temps une déformation, tantôt pour diminuer, tantôt au contraire pour augmenter de grandeur. La différence dans la structure générale des étamines des fleurs mâles chez *Carludovica plicata* Kl. et des pièces pollinifères de la fleur dite femelle me détermine à conserver le nom de staminodes à ces derniers organes, malgré la présence de sacs polliniques.

des pièces du périanthe. On y trouve aussi en grande quantité des paquets de raphides courtes et des sclérites isolées ou groupées.

Dans la paroi ovarienne, on observe de vastes lacunes gommeuses se réunissant pour former une enveloppe gommeuse, presque continue, qui n'est séparée de la cavité de l'ovaire que par quelques assises de cellules.

Cette cavité est remplie d'un tissu au sein duquel semblent plongés les ovules, puis les graines, qui sont ainsi entourés d'une sorte de pulpe. A la surface des graines se voit un tissu formé de cellules brunes polygonales (pl. IX, fig. 110).

Dans les ovules (pl. VIII, fig. 95), on distingue nettement la primine, la secondine et un grand sac embryonnaire.

CHAPITRE III.

LA FLEUR MALE.

A. *Son organographie.*

Avec chaque fleur femelle de l'inflorescence se montre, en alternance régulière, un groupe dont je discuterai plus loin la valeur morphologique. Il se compose de quatre branches principales affectant chacune la forme d'une pyramide triangulaire, à arêtes mousses, qui va en s'élargissant vers le haut. Au niveau où ces branches se séparent les unes des autres s'aperçoit une petite proéminence centrale s'insinuant entre les branches (pl. X, fig. 113, 113bis, 113ter et 114; pl. IX, fig. 112). Celles-ci sont fortement pressées les unes contre les autres dans leur partie supérieure [1], terminée par une sorte de plateau dont le bord fait saillie vers l'extérieur du groupe. Par suite de leur étroit rapprochement, les quatre plateaux pris ensemble simulent, vus de face, un unique plateau nettement hexagonal.

A la surface des plateaux (pl. X, fig. 113) se voient de nombreuses étamines, dont les filets présentent deux parties distinctes : l'une, supérieure, étroite, aplatie en lame; l'autre, inférieure, beaucoup plus large, en forme de mamelon (pl. IX, fig. 111). Les anthères sont didymes. Dans leur région basilaire, les deux moitiés de l'anthère, réniformes, sont fixées à droite et à gauche d'un connectif assez large et aplati, qu'elles dépassent en haut à partir des deux tiers environ de leur longueur. La déhiscence, longitudinale, s'opère sur les côtés.

Au-dessous de la surface des plateaux et au bord extérieur de ceux-ci, c'est-à-dire dans la région la plus éloignée de la proéminence centrale dont il a été question, se détachent quelques écailles, généralement quatre, assez épaisses, se présentant sous

[1] La figure 113 (pl. X) montre deux branches anthérifères écartées l'une de l'autre. Cet écartement a été provoqué par l'action du rasoir.

forme de dents plus ou moins aiguës à l'œil nu (pl. X, fig. 113). Celles-ci sont glanduleuses.

La section transversale à la base du groupe rencontre la proéminence centrale qui, comprimée entre les branches, possède une forme triangulaire (pl. IX, fig. 112).

L'inflorescence est nettement protogyne. Sa fécondation doit forcément s'opérer par l'intermédiaire d'insectes, attirés, d'une part, par le produit que sécrètent les staminodes, d'autre part, par celui que donnent les écailles glanduleuses.

O. Drude (9) a observé qu'après deux jours les fleurs femelles, chez les *Carludovica* qu'il a étudiés, avaient déjà perdu leur aptitude à la fécondation. Ce court laps de temps écoulé, les longs staminodes pendaient brunis et flétris. Les anthères, elles, ne s'ouvraient qu'après le second ou le troisième jour, afin de ne permettre que la seule fécondation croisée entre fleurs appartenant à des inflorescences différentes.

Le même savant a montré le lien que, d'après lui, l'observation de phénomènes de ce genre peut établir entre certaines familles naturelles. Il a pu observer une alternance analogue chez les Aroïdées, avec cette différence, cependant, d'un développement plus rapide, chez ces dernières plantes, de la fleur mâle dont la floraison n'est suivie parfois qu'après plusieurs mois de celle de la fleur femelle.

B. *Sa structure.*

La forme que présente la section transversale d'ensemble d'une anthère mure, varie avec le niveau où la coupe a été pratiquée. Au-dessus de la limite supérieure du connectif, elle montre deux croissants libres tournant l'un vers l'autre leur convexité (pl. X, fig. 115). Vers la base de l'anthère, les deux croissants sont réunis par le connectif dont la forme, sur la coupe, est celle d'un quadrilatère aplati (pl. X, fig. 116).

Si on examine la section transversale de l'anthère mure, on voit que sa paroi comprend un épiderme composé de longues cellules ovales, aplaties, dont la face externe montre une cuticule

épaisse, couverte d'aspérités (pl. X, fig. 118). Vus de face, ces éléments sont polygonaux, parcourus par des stries à la fois ondulées et crénelées, courant dans le sens de la longueur.

L'assise sous-épidermique est constituée par des cellules très grandes, à parois minces, mais garnies de grosses bandes simples d'épaississement, disposées horizontalement. On remarque, sur une coupe moyenne de l'anthère, que ces éléments à bandes s'étendent sur les deux faces du connectif. A ce niveau, sur le connectif, les bandes d'épaississement peuvent être verticales ou tangentielles, tandis que sur les valves les bandes conservent une direction radiale. Le connectif contient, en outre, un parenchyme traversé suivant sa longueur par un petit cordon libéro-ligneux. Celui-ci comprend quelques trachées et des cellules grillagées, réunies par des fibres primitives (pl. X, fig. 117).

On aperçoit, dans les sacs polliniques, des grains de pollen ovoïdes ou réniformes à surface chagrinée.

Sur la section transversale pratiquée dans la partie supérieure, aplatie, du filet, l'épiderme se montre formé de cellules assez grandes, quadrilatérales ou pentagonales, dont la cloison externe est fortement bombée et pourvue d'une cuticule couverte d'aspérités (pl. X, fig. 119). Vues de face, ces cellules sont très allongées, polygonales et parcourues par des stries ondulées et crénelées, disposées dans le sens de la longueur du filet. Le parenchyme conserve des parois minces. Il présente des cellules cristalligènes à raphides longues. Le cordon libéro-ligneux qui le parcourt reste fort rudimentaire.

Dans la portion inférieure du filet, on remarque, sur la coupe transversale, un accroissement du parenchyme et une diminution dans la longueur des cellules épidermiques. On trouve, dans cette région, des stomates affleurant à la surface interne des autres cellules de l'épiderme (pl. X, fig. 122). La structure du cordon libéro-ligneux offre une particularité intéressante. Il est entouré partiellement (pl. XI, fig. 123) ou complètement (pl. XI, fig. 124) de cellules spéciales, présentant, à l'intérieur, des bandes d'épais-

sissement spiralées, du genre de celles signalées ou étudiées par Meyen (*Physiologie*), Schleiden (*Grundzüge*), Trécul (**46**, p. 153), Duval-Jouve (**12**), L. Mangin (**30**), J. Vesque (**53** et **54**), Heinricher (**22**), etc. Ces éléments, appelés par Duval-Jouve cellules *aérifères*, par J. Vesque *réservoirs vasiformes*, et par Heinricher *Speichertracheiden*, ont pour rôle d'emmagasiner de l'eau à distribuer ensuite aux tissus chlorophylliens. Ils proviennent de cellules parenchymateuses qui, au contact du faisceau, se sont adaptées à une fonction spéciale par la production de spires d'épaississement rendant leurs parois rigides. Ces cellules *vasiformes* se distinguent facilement des trachées du même faisceau. Elles sont beaucoup plus courtes, mais en même temps plus larges. Les figures 120 et 121 (pl. X) mettent en évidence ces différences de dimensions, en représentant en section longitudinale, sous le même grossissement, les unes et les autres. Sur la coupe transversale, ces cellules *vasiformes* sont séparées du groupe des trachées par des fibres primitives à parois minces (pl. XI, fig. 124). Parfois cette coupe, en rencontrant plus ou moins obliquement les cellules *vasiformes*, montre déjà leurs bandes d'épaississement (pl. XI, fig. 124).

Comprimées de plus en plus les unes contre les autres, les portions basales des filets présentent d'abord, sur des coupes transversales, un contour arrondi (pl. XI, fig. 125). Un peu plus bas, elles prennent une forme hexagonale. Plus bas encore, au niveau du plateau, les délimitations des filets disparaissent progressivement (pl. XI, fig. 126), puis la section d'ensemble devient vaguement triangulaire.

A ce niveau, la structure n'offre guère de modifications. On constate cependant que l'épiderme ne montre plus d'aspérités, mais des stomates très nombreux.

En continuant à descendre dans les branches anthérifères, on observe l'insertion des écailles dont il a été question plus haut (voir p. 65). Chaque écaille présente deux régions. La région supérieure est épaisse et aiguë; la région inférieure est plus étroite et, en même temps, aplatie en lame. Dans la première

s'aperçoivent des particularités à signaler. La face externe de l'organe porte un épiderme glanduleux (pl. XI, fig. 129), composé de cellules étroites, très allongées perpendiculairement à la surface et qui, vues de face, se montrent hexagonales. Elles sont remplies d'une substance de couleur jaunâtre, dont l'excrétion paraît pouvoir s'opérer par suite du soulèvement de la cuticule restée assez mince. La cuticule, en effet, se détache facilement sous l'effort du rasoir, et on obtient une image analogue à celle que G. Bonnier (**3**, pl. I, fig. 3) a donnée au sujet d'un épiderme glanduleux, laissant ainsi sortir son contenu, et représentant une coupe longitudinale pratiquée dans un nectaire cotylédonaire chez *Ricinus communis*. A la face interne de l'organe qui nous occupe se trouve un épiderme ordinaire, c'est-à-dire formé de cellules qui ne sont pas allongées perpendiculairement à la surface. Sur la coupe longitudinale radiale, celles-ci se montrent pentagonales, quadrilatérales ou rectangulaires, à cloison externe presque plane, à cuticule peu épaisse. Aucun de ces épidermes ne laisse voir de stomate. Sauf vers les bords et près du sommet, où se montrent quelques cellules à parois minces, tout l'espace compris entre les épidermes est rempli d'une agglomération de petits éléments de forme polygonale, à épaississement spiralé, ressemblant à ceux qui ont été rencontrés autour du cordon libéro-ligneux dans le filet staminal. Cette accumulation de cellules *vasiformes* se montre à l'endroit où s'opère l'étalement en éventail de la portion ligneuse du faisceau qui traverse le milieu de l'organe ([1]).

Dans la région inférieure de l'écaille, on trouve du parenchyme que parcourt un mince faisceau libéro-ligneux et qu'entourent des épidermes ordinaires.

Au-dessous de l'insertion des écailles, les sections transversales montrent que le nombre des faisceaux libéro-ligneux se réduit de plus en plus (pl. XI, fig. 127), de telle façon que, près

([1]) G. Bonnier (**3**) a figuré la coupe longitudinale d'un nectaire cotylédonaire chez *Ricinus communis* (**3**, fig. 3) et d'une étamine transformée en tissu nectarifère chez *Collinsia bicolor* (**3**, fig. 41), où s'aperçoivent aussi des pinceaux de trachées.

de la base, il n'existe plus qu'un seul cordon libéro-ligneux (pl. XI, fig. 128). Après avoir examiné cette série de coupes transversales pratiquées du haut vers le bas dans une branche anthérifère, jetons un coup d'œil sur les sections longitudinales, radiales ou tangentielles. Elles confirment que les faisceaux libéro-ligneux descendant des étamines ainsi que des écailles ou dents périphériques, se réunissent en un seul cordon libéro-ligneux central vers la base de la branche anthérifère.

Valeur morphologique des branches anthérifères ou phalanges.

La présence d'un cordon libéro-ligneux unique dans les organes que nous avons appelés jusqu'ici branches anthérifères, mérite de fixer l'attention, car elle permet, me semble-t-il, par la combinaison de ce caractère avec d'autres, d'étayer une opinion au sujet de la valeur morphologique de pièces florales auxquelles les auteurs n'accordent pas la même signification.

Deux interprétations sont ici en présence.

Le Maout et Decaisne (**29**, p. 621) admettent que la fleur mâle se compose d'étamines groupées en 4 « phalanges », et ils entendent par ce mot les organes qui ont été dénommés branches anthérifères dans les pages qui précèdent du présent travail.

O. Drude (**10**, p. 96), au contraire, voit dans chacune de ces phalanges une fleur mâle, et il base cette idée sur la présence des organes glanduleux de la face externe, qui représentent pour lui une enveloppe florale incomplète.

Pour ce qui concerne la première manière de voir, il convient de constater que ni Le Maout et Decaisne ni d'autres auteurs n'ont produit, que je sache, des arguments à l'appui de leur façon d'envisager la fleur mâle chez *Carludovica*.

L'unicité de la fleur mâle, selon les vues de Le Maout et Decaisne, me paraît cependant facilement légitimable. Il s'agirait uniquement, en l'occurence, d'établir que la fleur mâle chez *Carludovica* se compose, notamment, de quatre étamines ramifiées.

Dans les traités généraux, — je crois devoir le rappeler, — on

distingue deux modes de ramifications staminales, appelés respectivement hétérogène et homogène. Dans le premier, on a affaire à une étamine portant diverses sortes d'appendices; dans le second, à une étamine composée, et chaque branche se compose d'un filet portant une anthère. Parmi les étamines composées, il en est de différentes sortes. En effet, la ramification peut être latérale (étamine composée pennée) ou bien terminale. Les feuilles staminales, dans ces deux cas, ont un pétiole commun. Si toutes les branches partent d'un même plan et atteignent la même longueur, la ramification a lieu en une ombelle; si elles se détachent à des niveaux différents, la ramification simule une grappe, etc.; seulement, chaque feuille staminale nous apparaîtra comme un faisceau d'étamines indépendantes, insérées côte à côte sur un réceptacle commun. Mais, comme l'a fait remarquer Ph. Van Tieghem (**51**), la vraie nature de ces étamines ne peut être mise en évidence que par l'étude de leur développement ou par l'étude de leur structure. Faute de matériaux, la première ne peut guère être entreprise dans nos cultures européennes pour les Cyclanthacées, seule la dernière a été faite. Or, celle-ci nous donne de précieuses indications.

« Quand l'étamine est composée, dit encore Ph. Van Tieghem (**51**), chaque filet secondaire reçoit une branche du faisceau libéro-ligneux primaire. » La réunion des faisceaux des filets, chez *Carludovica*, nous permet donc, sans recourir à l'organogénie, de considérer les quatre branches anthérifères comme des étamines ramifiées. Chacune des quatre branches ou phalanges est une étamine ramifiée, dont les ramifications sont concrescentes jusqu'au niveau du plateau au-dessus duquel les filets se montrent distincts.

La présence, dans la fleur femelle, de quatre staminodes, parcourus eux aussi par un unique cordon libéro-ligneux, me paraît constituer encore un argument de la plus grande importance en faveur de la théorie de l'unicité. Dans les fleurs unisexuées, les staminodes observés représentent dans la fleur femelle des vestiges d'organes mâles. Or, chez les *Carludovica*, il y a quatre staminodes qui doivent représenter, dans la fleur femelle, un nombre égal de phalanges de la fleur mâle.

Pour rejeter la thèse que je cherche à faire prévaloir, il faudrait admettre que la fleur mâle, constituée par une seule des branches anthérifères ou phalanges, serait dénuée de tout vestige d'organe gynécéen. Ne convient-il pas plutôt, au contraire, de regarder comme tel le léger exhaussement de surface en mamelon, dont j'ai signalé la présence, et qui s'insinue au centre du groupe des quatre phalanges?

Enfin, il n'est pas jusqu'à l'objection formulée par O. Drude (10) contre l'unicité qui ne puisse me servir! En effet, l'hypothèse de l'enveloppe florale incomplète me semble aller à l'encontre du but que cet auteur s'était proposé. Si, avec O. Drude, il faut voir dans les organes glanduleux des vestiges du périanthe qui existe dans la fleur femelle, la présence de ces organes, à la seule face externe des quatre phalanges et à un niveau autre que celui des filets staminaux libres, doit encore venir constituer un argument en faveur de l'interprétation donnée, au sujet des branches anthérifères ou phalanges, par Le Maout et Decaisne, en permettant d'établir un parallèle plus complet entre la fleur mâle et la fleur femelle : ce qui présente l'avantage, non contestable, de rattacher les fleurs de *Carludovica* à celles que l'on rencontre chez l'immense majorité des Angiospermes. L'ensemble des écailles de la face externe de chacune des quatre phalanges aurait donc la même valeur morphologique que chacune des pièces du périanthe de la fleur femelle. Même en l'absence d'autres caractères, celui qui nous est fourni par l'insertion des écailles à la périphérie du groupe formé par les quatre pièces florales en discussion, me paraîtrait suffisant pour croire plutôt à l'unicité de la fleur mâle.

Je pense devoir admettre aussi l'existence d'une concrescence entre le périanthe, représenté par quelques écailles, et l'androcée chez la fleur mâle, tout comme on observe une concrescence du périanthe de la fleur femelle avec les vestiges de son androcée représenté par des staminodes. Dans la fleur mâle, on ne trouverait que des vestiges du périanthe, mais il existe des étamines; dans la femelle, on n'aperçoit que des étamines incomplètes, mais on a un périanthe nettement marqué.

Les pièces du périanthe peuvent être découpées en dents ou écailles chez la fleur mâle, alors qu'elles restent entières chez la femelle, sans que l'interprétation que je défends puisse être entamée. Les pièces périanthales peuvent même subir des divisions plus nombreuses et montrer des dents sur plusieurs rangs, sans qu'il faille pour cela rejeter la théorie de l'unicité.

L'existence d'un cordon libéro-ligneux unique à la base de la phalange n'est pas non plus de nature à faire écarter l'idée de concrescence entre le périgone et l'androcée. Ph. Van Tieghem (**51**) dit, en effet, qu'il n'est pas rare de trouver les faisceaux des filets confondus, dans la région inférieure, avec les faisceaux médians ou latéraux des sépales ou des pétales. Et le savant botaniste français cite à l'appui de son assertion l'exemple des Protéacées, des Primulacées, des Rhamnées, des Rosacées, etc.

Enfin, la structure particulière des pièces, qui sont envisagées par tous les auteurs comme périanthales, de la fleur mâle et qui sont pourvues d'un épiderme glanduleux, ne peut être non plus invoquée contre la nature morphologique que je leur attribue, car Poulsen (**36**), d'après G. Bonnier (**3**, p. 99), a décrit un tissu nectarifère vers la face externe des sépales chez plusieurs Malpighiacées, chez *Hibiscus cannabinus*, chez *Tecoma radicans*, dans la fleur femelle chez *Laffa* et chez *Trichosanthes*.

En résumé, la fleur mâle chez *Carludovica plicata* Kl. est tétramère comme la fleur femelle et elle se compose d'un périanthe à divisions ramifiées, que représentent les organes glanduleux, de quatre étamines ramifiées aussi et adhérentes au périanthe et enfin d'un pistil rudimentaire. La figure 113bis est un schéma tracé pour faire ressortir cette interprétation; on reconnaîtra qu'il répond à la coupe que rend fidèlement la figure 113. La figure 113ter est un diagramme construit en s'inspirant des mêmes idées; on y remarquera que les quatre phalanges sont opposées aux quatre pièces ramifiées du périanthe, comme dans la fleur femelle les quatre staminodes sont opposés aux quatre pièces restées entières du périanthe.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Organogénie foliaire. — Dans la feuille primordiale, chez *Carludovica plicata* Kl., le limbe se différencie par la production de boursouflures ou renflements en alternance sur ses deux faces, tandis que la gaine reste lisse.

L'incurvation de sa partie médiane donne ensuite au limbe l'apparence d'un capuchon. Les marges de la gaine, par suite de leur croissance, chevauchent l'une sur l'autre. Le bord droit recouvre le gauche dans les plantes dextres. Le contraire s'observe chez les sénestres.

La longueur de la gaine reste longtemps stationnaire. Cette partie de la feuille porte deux oreillettes inégales qui se dessèchent et tombent lorsque la feuille devient adulte.

Dans le limbe s'effectue une déchirure médiane naturelle produisant deux tomes. Les feuilles montrant cette particularité devraient recevoir des dénominations spéciales. Celles-ci seraient formées en ajoutant la désinence *-tomée* aux préfixes *penni-* et *palmi-* qui servent à qualifier le mode de nervation. Le nombre des segments limbaires serait, de même, indiqué par une des expressions *mono-*, *bi-*, *tri-* ou *polytomée*. Le sinus médian ne s'étend d'abord ni jusqu'au sommet, ni jusqu'à la base du limbe.

Pour sa préfoliation, *Carludovica plicata* Kl. appartient au type II établi par A. Naumann pour les Palmiers et le genre *Carludovica*.

Le pétiole se développe en dernier lieu et porte le limbe à une hauteur convenable pour que ce dernier trouve l'espace nécessaire à son déploiement.

Structure de la feuille. — L'histoire de la différenciation histologique de la feuille peut être ramenée à l'étude de quatre stades qui ont été caractérisés.

Stade I. — Le plissement du limbe dérive du développement des boursouflures ou renflements. Il en résulte que l'origine de ce plissement est la même chez *Carludovica plicata* Kl. que celle trouvée par A. Naumann chez les Palmiers ainsi que chez *C. palmata*, *C. rotundifolia* et *C. Moritziana*. On ne peut admettre les vues émises à ce sujet par H. von Mohl, H. Karsten et A. W. Eichler.

Les espaces laissés libres entre les feuilles successives sont remplis d'un feutrage protecteur, dû à la croissance de poils acuminés, pluricellulaires, moniliformes, dont le nombre et la longueur sont proportionnels aux différences des dimensions intérieures de la gaine enveloppante et des dimensions extérieures de la feuille enveloppée.

Stade II. — La structure du limbe varie avec le niveau. Au-dessous du sinus, les faisceaux sont représentés par des cordons procambiaux dans lesquels on ne distingue que quelques éléments ligneux et libériens. Au-dessus de ce sinus, les masses libéro-ligneuses qui résultent de l'union de certains faisceaux, laissent apercevoir des vaisseaux à parois épaissies disposés en éventail sur la coupe transversale.

Le capuchon apical existe toujours ; mais, plus tard, il se dessèche, se scinde longitudinalement en deux, puis disparaît.

La déchirure naturelle et prédéterminée du limbe est prouvée anatomiquement : 1° par l'arrêt de développement du faisceau médian dans la région du sinus, restée mince ; 2° par les réactions cicatricielles qui s'observent au-dessous du sinus normal, dans les feuilles présentant une déchirure accidentelle suivant le prolongement de ce sinus.

Le limbe montre les histogènes découverts par A. Gravis, et dénommés par lui mésophylles externe, moyen et interne.

Stade III. — Dans le mésophylle, on trouve des éléments qui se sont divisés en formant des groupes de petites cellules à section polygonale, qui deviendront plus tard des massifs scléreux.

Des faisceaux libéro-ligneux montrent une lacune antérieure, particularité que présentent certaines Monocotylées aquatiques et de marécages dans divers organes.

On remarque des canaux gommeux schizo-lysigènes.

Stade IV. — La structure de la gaine varie avec le niveau. La différenciation histologique est basipète. La partie supérieure de la gaine ainsi que le pétiole et le limbe offrent les caractères de la feuille adulte, tandis que la partie basilaire de la gaine présente ceux de l'organe à l'état jeune.

Les oreillettes montrent des faisceaux qui, par des anastomoses obliques, finissent par former un réticulum.

L'existence d'une gaine auriculée, chez *Carludovica plicata* Kl., parait constituer un argument de plus en faveur de l'homologie de la gaine des Monocotylées et des stipules des Dicotylées.

État adulte. — Dans la gaine, le mésophylle est centrique. Le bois, dans les faisceaux, montre une lacune antérieure, et le liber y forme, à la base de l'organe, une bande incurvée de tissu à parois minces. Les canaux gommeux y sont plus nombreux et plus larges que dans les autres parties de la feuille.

Le pétiole est parcouru par des faisceaux, à lacune antérieure, dont le liber n'a plus que quelques éléments à parois minces; tous les autres sont épaissis. Kny s'est occupé des faisceaux dont le liber possède ce caractère. A en juger par le travail qu'il leur a consacré, on a ici une structure intermédiaire entre celles que présentent, d'une part, les *Ophiopogon*, d'autre part, toutes les autres plantes qu'il a étudiées. Le nombre des canaux gommeux diminue vers le milieu de la longueur du pétiole.

Sur la face externe du limbe, on n'aperçoit pas de stomate. Certaines côtes laissent apercevoir des vestiges des poils qui les recouvraient. Les canaux gommeux ne se rencontrent qu'à la base du limbe dans la côte médiane. Le déploiement de l'organe est dû à une croissance plus grande, dans deux directions de l'espace, des cellules du fond des plis, les unes épidermiques, les autres mésophylliennes.

Dans la préfeuille, qui est une feuille primordiale fortement accrue, on remarque une différenciation histologique peu avancée. Certains faisceaux ont une lacune antérieure. On y rencontre des canaux gommeux.

Tige. — En section transversale, la tige montre deux régions. La périphérique ou corticale, dans l'organe jeune, est limitée extérieurement par un épiderme dont la cuticule présente des stries avec de fines perles. Les premières couches sous-jacentes sont collenchymateuses. Dans les tiges âgées, on constate l'apparition d'un périderme donnant naissance à une couronne de liège. La couche corticale la plus profonde constitue un phlœoterme.

Les faisceaux de la région centrale peuvent être rangés parmi les *Amphivasale Gefässbündeln* de E. Strasburger (faisceaux concentriques) que l'on trouve surtout dans les rhizomes des Monocotylées.

L'apparence histologique générale est, d'ailleurs, celle des rhizomes.

Racine. — Dans l'assise pilifère d'une racine latérale, des cellules à parois épaisses sont entremêlées à d'autres, possédant des parois minces. On n'y trouve que quelques éléments prolongés en poils. La nécessité d'un sol humide pour *Carludovica plicata* Kl. semble indiquée par cette absence presque complète de papilles, ainsi que par la présence de lacunes dans la région profonde du parenchyme cortical.

La coupe moyenne de la racine adulte montre que l'endoderme et le péricycle épaississent leurs parois vis-à-vis des massifs libériens périphériques.

Le faisceau multipolaire doit faire ranger *Carludovica plicata* Kl. parmi les plantes dont la racine est appelée anomale par certains auteurs Il y a dislocation des lames ligneuses, et les massifs libériens sont disposés sur plusieurs rangs. Je n'ai pu constater ni alternance ni opposition des massifs libériens périphériques avec les intérieurs.

Hampe florale et spathes. — La structure varie de la base au sommet du premier entrenœud de la hampe. Dans la partie inférieure de la hampe, l'épiderme montre, en certaines régions, des cellules à cloisons externes relevées et formant des mamelons verruqueux. Dans le voisinage de la première spathe, au contraire, l'épiderme est uniquement composé de cellules à cloison externe plane sans perles cuticulaires. Les massifs scléreux de la partie basale de la hampe sont remplacés par des groupes de petites cellules à parois minces, près du sommet du premier entrenœud. Les faisceaux montrent une tendance centripète d'autant plus accentuée qu'ils sont plus rapprochés de la première spathe. On constate aussi des différences dans leur structure suivant le niveau. Les canaux gommeux sont beaucoup moins nombreux au voisinage du sommet du premier entrenœud.

Les faisceaux des spathes montrent une différenciation peu avancée. Entre deux faisceaux, on trouve un ou deux canaux gommeux.

Fleur femelle. — Les pièces périanthales possèdent, dans leur parenchyme, de nombreuses sclérites courtes, isolées, ou réunies en petits groupes, ainsi que sept cordons libéro-ligneux, dont un médian, plus rapprochés de la surface interne que de l'externe. Le cordon médian est uni à celui du staminode.

Le filet du staminode présente un épiderme glanduleux dont certaines cellules, en fusionnant leur contenu, forment des groupes lenticulaires faisant saillie à la surface. L'organe est parcouru longitudinalement par un cordon libéro-ligneux central et unique. L'anthère montre deux sacs polliniques pouvant contenir du pollen.

La ligne foncée radiante, qui se remarque à l'œil nu sur chacun des lobes du stigmate, représente un chenal en communication avec l'ovaire et dont les berges sont couvertes de poils collecteurs unicellulaires. Dans la paroi ovarienne existent de vastes lacunes gommeuses confluentes.

L'inflorescence est protogyne.

Fleur male. — Entre les quatre phalanges, qui sont quatre étamines ramifiées, se trouve une proéminence centrale qui représente un pistil rudimentaire.

L'épiderme des anthères est composé de cellules ovales, aplaties, dont la cuticule est parcourue par des stries ondulées. L'assise sous-épidermique est formée d'éléments très grands à bandes d'épaississement.

Dans la portion inférieure élargie du filet, on trouve des stomates affleurant à la surface interne des autres cellules épidermiques. Le cordon libéro-ligneux est entouré complètement ou partiellement, suivant le niveau, de cellules spéciales, vasiformes, à bandes d'épaississement spiralées, provenant d'éléments parenchymateux adaptés à une fonction spéciale. Ces cellules sont séparées des trachées par des fibres primitives.

Les écailles ou dents aiguës de la partie externe des branches anthérifères présentent deux régions : l'une inférieure, l'autre supérieure. Dans la première, on aperçoit, à la face interne, un épiderme glanduleux à cellules étroites, allongées perpendiculairement à la surface. Presque tout l'espace compris entre les épidermes, dans cette portion de l'organe, est occupé par une agglomération de cellules du genre de celles rencontrées autour du cordon libéro-ligneux à la base des filets staminaux.

Les étamines, libres à leur partie supérieure, se réunissent en un organe unique, ne possédant plus à sa base qu'un seul cordon libéro-ligneux.

Chez *Carludovica plicata* Kl., il y a alternance d'une fleur mâle avec une fleur femelle. La première se compose de quatre étamines ramifiées dont les ramifications sont concrescentes avec les pièces périanthales.

La diagnose, donnée par la plupart des auteurs (Bentham et Hooker, Baillon, etc.) pour le genre *Carludovica* R. et P. n'est pas applicable, en ce qui concerne la fleur mâle, à *Carludovica plicata* Kl.

ABRÉVIATIONS.

Ass. pil.	Assise pilifère.	*Péric.*	Péricycle.
C. c.	Cellule cristalligène.	*Pét.*	Pétiole.
C. g.	Canal gommeux.	*Ph.*	Phalange.
C. l.	Cordon libéro-ligneux.	*Phlt.*	Phlœoterme.
Em.	Embryon.	*Pist.*	Pistil.
End.	Endoderme.	*Plt.*	Plateau.
Ép. e.	Épiderme externe.	*Pol.*	Pollen.
Ép. i.	Épiderme interne.	*Pr.*	Primine.
Ét.	Étamine.	*Pr. c.*	Proéminence centrale.
G.	Gaine foliaire.	*Proc.*	Procambium.
G. scl.	Gaine scléreuse.	*Sc. e.*	Sac embryonnaire.
L. a.	Lacune antérieure.	*Sec.*	Secondine.
Li.	Limbe.	*Std.*	Staminode.
Mé.	Mésophylle.	*Stg.*	Stigmate.
M. s.	Massif scléreux.	*S. v.*	Sommet végétatif.
Nuc.	Nucelle.	t^1.	Trachée initiale.
Or. gl.	Organe glanduleux.	*T. c.*	Tissu de charnière.
Pér.	Périanthe.		

BIBLIOGRAPHIE.

1. BAILLON, H., Histoire des plantes. Paris, 1895, t. XIII.

2. BENTHAM, G., et HOOKER, J.-D., Genera plantarum. Londres, 1883, vol. III, pars II.

3. BONNIER, G., Les Nectaires, étude critique, anatomique et physiologique. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 6e série, t. VIII, 1879.)

4. BOWER, F.-O., On the comparative Morphology of the leaf in the vascular Cryptogames and Gymnosperms. (*Phil. Trans.*, 1884.)

5. BRIQUET, J., Sur les poches schizo-lysigènes des Myoporacées. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. CXXIII, 1896.)

6. DE BARY, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, 1877.

7. DE CANDOLLE, A.-P., Organogénie végétale. Paris, 1827.

8. DIPPEL, Das Mikroskop. 1869.

9. DRUDE, O., Ueber den Bau und die systematische Stellung der Gattung *Carludovica*. (*Bot. Zeitg.*, 1877.)

10. IDEM, Cyclanthaceen (dans ENGLER und PRANTL, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. Leipzig, 5. Lief., pp. 93-96; 9. Lief., pp. 97-101; 1887.)

11. Durand, Th., Index generum phanerogamorum. Bruxelles, 1888.

12. Duval-Jouve, Observations anatomiques et morphologiques sur les *Salicornia* de l'Hérault. (*Bull. Soc. bot. de France*, t. XV, 1868.)

13. Idem, Étude anatomique de quelques Graminées et en particulier des *Agropyrum* de l'Hérault Paris, 1870.

14. Eichler, A.-W., Zur Entwickelungsgeschichte des Blattes Marburg, 1861.

15. Idem, Zur Entwickelungsgeschichte der Palmenblätter. (*Abhandl. d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1885.)

16. Falkenberg, P., Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Vegetationsorgane der Monokotyledonen. Stuttgart, 1876.

17. Firtsch, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Keimpflanze der Dattelpalme. (*Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien*, vol. XXXIX, 1886.)

18. Göbel, C., Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane (dans *Schenk's Handbuch der Botanik*, 3e vol., Breslau, 1884).

19. Gravis, A., Les anomalies florales du Poirier et la nature morphologique de l'anthère. (*Bull. de la Soc. roy. de bot. de Belgique*, t. XIX, 1880.)

20. Idem, Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'*Urtica dioïca* L. (*Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers*, publiés par l'Acad. roy. de Belgique, in-4°, t. XLVII, 1884.)

21. HABERLANDT, G., Physiologische Pflanzenanatomie. II. Aufl. Leipzig, 1896.

22. HEINRICHER, Ueber einige im Laube dikotyler Pflanzen trockenen Standortes auftretende Einrichtungen, welche muthmaasslich eine ausreichende Wasserversorgung des Blattmesophylls bezwecken. (*Bot. Centralbl.*, t. XIII, 1885.)

23. HOFMEISTER, Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig, 1868.

24. HOOKER et JACKSON, Index Kewensis. Oxford, 1893.

25. KARSTEN, H., Die Vegetationsorgane der Palmen. (*Abhandl. d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1847.)

26. KERNER VON MARILAUN, A., Pflanzenleben. Leipzig und Wien, 1890.

27. KLOTZSCH, J.-F., Beiträge zu einer Flora der Aequinoctial-Gegenden der neuen Welt. Linnaea, vol. XX, 1847.

28. KNY, L., Ueber einige Abweichungen im Bau des Leitbündels der Monokotyledonen. (Sonderabdruck aus den *Verhandl. des botan. Vereins der Provinz Brandenburg*, 1881.)

29. LE MAOUT, E., et DECAISNE, J., Traité de botanique descriptive et analytique. Paris, 1868.

30. MANGIN, L., Sur le développement des cellules spiralées. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 6e série, t. XIII, 1882.)

31. MANSION, A., Contribution à l'anatomie des Renonculacées. Le genre *Thalictrum*. (*Arch. de l'Inst. bot. de l'Univ. de Liége*, vol. I.)

32. Massart, J., La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale. (*Bull. de la Soc. roy. de bot. de Belgique*, 1894.)

33. Micheels, H., Recherches sur les jeunes Palmiers. (*Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers*, publiés par l'Acad. roy. de Belgique, t. LI, 1889.)

34. Nägeli, C., Das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen und die Anordnung der Gefässsträngen. (*Beiträge zur wissensch. Bot.*, I. Heft, 1858.)

35. Naumann, A., Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Palmenblätter. (*Flora*, 1887.)

36. Poulsen, Om nogle Trikomer ag Nectarier. (*Videnskabe meddelelser fra den natur. For. i Kjöbenh.*, 1875.)

37. Reinhardt, M.-O., Das leitende Gewebe einiger anomal gebauten Monocotylenwürzeln. (*Pringsheim's Jahrb. für wissensch. Bot.*, XVI. Bd., III. Heft, p. 336.)

38. Russow, Betrachtungen über das Leitbündel- und Grundgewebe. 1875.

39. Schacht, H., Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin, 1856.

40. Schimper, A.-F.-W., Die epiphytische Vegetation Amerikas. Iena, 1888.

41. Schwarz, Die Wurzelhaare der Pflanzen. (*Untersuch. aus dem botanisch. Institut zu Tübingen*, I. Bd., II. Heft, 1883.)

42. Schwendener, Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig, 1874.

43. Idem, Die Schutzscheiden und ihre Verstärkungen. (*Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1882.)

44. Strasburger, E., Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Iena, 1891.

45. Trécul, A., Mémoire sur la formation des feuilles. (*Ann des sc. nat.* [Botanique], 3e série, t. XX, 1853.)

46. Idem, Formations spirales dans des cellules que renferment les feuilles de certaines Orchidées. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, t. II, 1855.)

47. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Wien und Leipzig, 1889.

48. Van Tieghem, Ph., Recherches sur la structure des Aroïdées. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 5e série, t. VI, 1866.)

49. Idem, Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 5e série, t. XIII, 1870-1871.)

50. Van Tieghem, Ph., et Douillot, H., Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires. Paris, 1889.

51. Van Tieghem, Ph., Traité de botanique. 2e édit. Paris, 1891.

52. Vesque, J., Anatomie de l'écorce. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 6e série, t. II.)

53. Idem, L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 6e série, t. XIII, 1882.)

54. Idem, Essai d'une monographie anatomique et descriptive de la tribu des Capparées. (*Ann. des sc. nat.* [Botanique], 6e série, t. XIII, 1882.)

55. von Mohl, H., De Palmarum structura (dans Martius, ***Historia naturalis palmarum.*** Munich, 1823).

56. Idem, Vermischte Schriften. 1845.

57. Westermaier, Untersuchungen über die Bedeutung todter Röhren, etc. (***Sitzungsber. d. k. Akad. der Wiss. zu Berlin***, 1884.)

PLANCHES.

PLANCHE I.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I (*).

ORGANOGÉNIE FOLIAIRE.

FIG. 1. — Jeune feuille pendant la différenciation de son limbe et de sa gaine.

FIG. 2. — Stade plus avancé.

FIG. 3. — Chevauchement des marges de la gaine.

Stade I.

FIG. 4. — Coupe d'ensemble de la gaine.

FIG. 5, 6, 7 et 8. — Coupes successives d'ensemble du limbe.

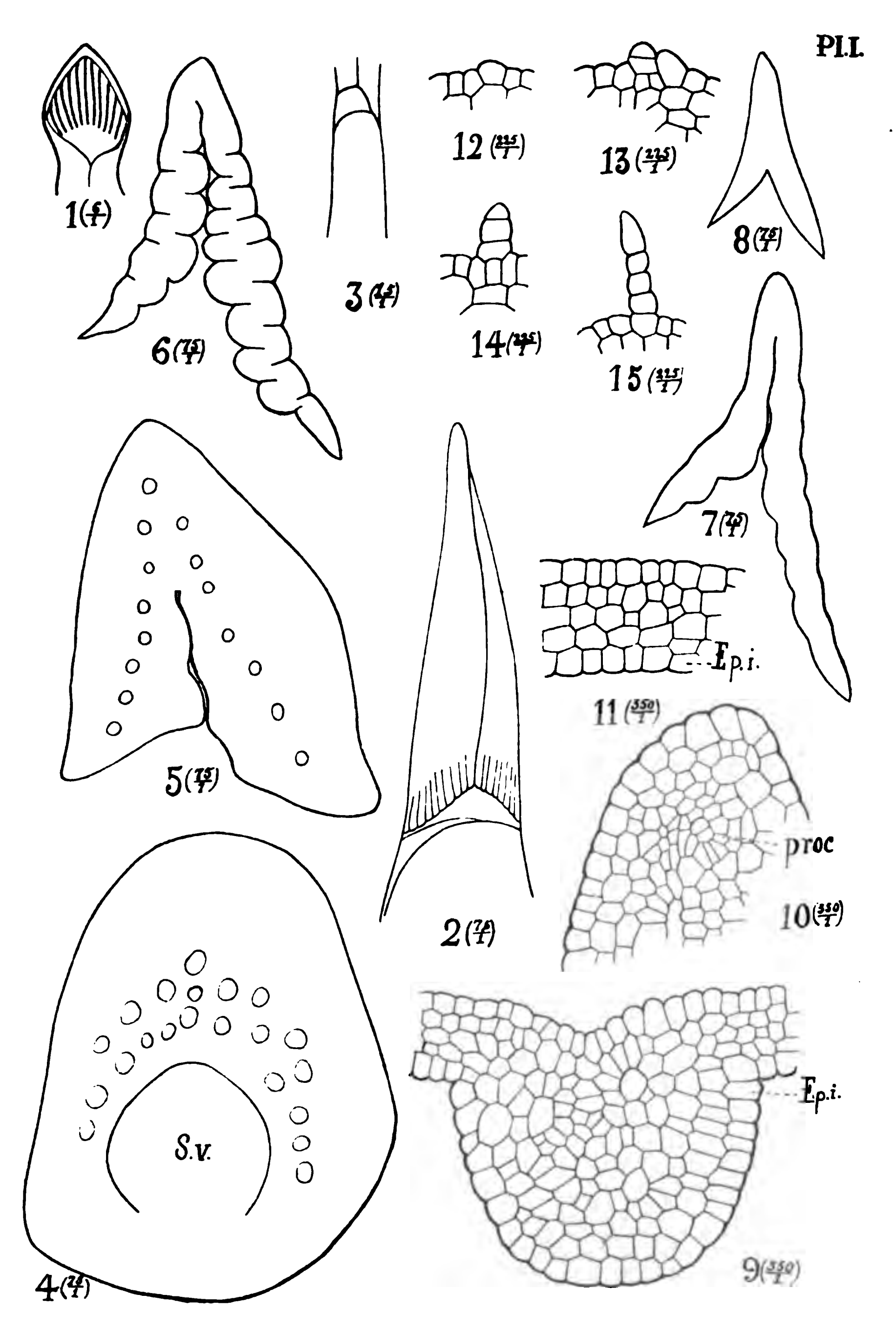
FIG. 9. — Coupe d'une boursouflure limbaire.

FIG. 10. — Coupe rencontrant le plan médian du limbe.

FIG. 11. — Coupe du limbe entre deux boursouflures.

FIG. 12, 13, 14 et 15. — Divers états de développement des poils.

(*) Afin de les distinguer des faisceaux libéro-ligneux, les canaux gommeux ont leur contour figuré par un pointillé. Dans les cellules cristalligènes, on a intercalé les lettres *c. c.*



Dr Henri Micheels. ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Fig. 1 à 3: Organogénie foliaire.

Fig. 4 à 15: Structure de la feuille au stade I.

PLANCHE II.

EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

Stade II.

Fig. 16. — Coupe d'ensemble à la limite supérieure de la gaine.

Fig. 17. — Coupe d'ensemble à la base du limbe.

Fig. 18. — Coupe d'ensemble au niveau où s'effectue la déchirure du limbe en deux tomes.

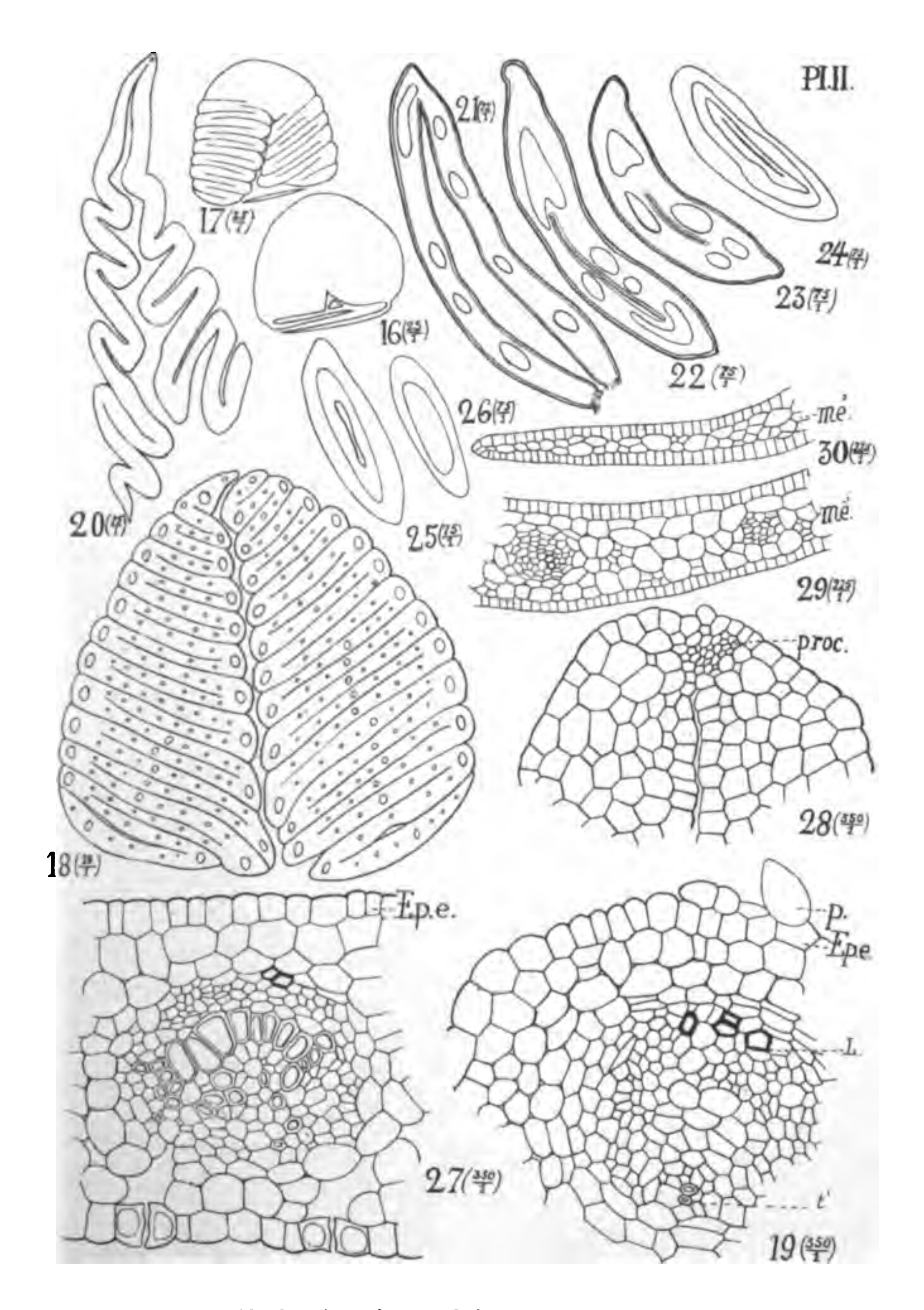
Fig. 19. — Portion de la coupe précédente.

Fig. 20, 21, 22, 23, 24, 25 et 26. — Coupes successives d'ensemble dans la portion terminale du limbe.

Fig. 27. — Portion de la coupe représentée par la figure 21.

Fig. 28. — Cordon procambial médian de la coupe représentée par la figure 20.

Fig. 29 et 30. — Coupes du bord marginal de la jeune gaine.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Structure de la feuille au stade II.

PLANCHE III.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Stade III.

FIG. 31. — Jeune feuille sortant son limbe (Li) de la gaine enveloppante (G).

FIG. 32. — Coupe d'ensemble de la gaine.

FIG. 33 et 34. — Portions de la coupe précédente.

FIG. 35 et 36. — Canaux gommeux en section transversale.

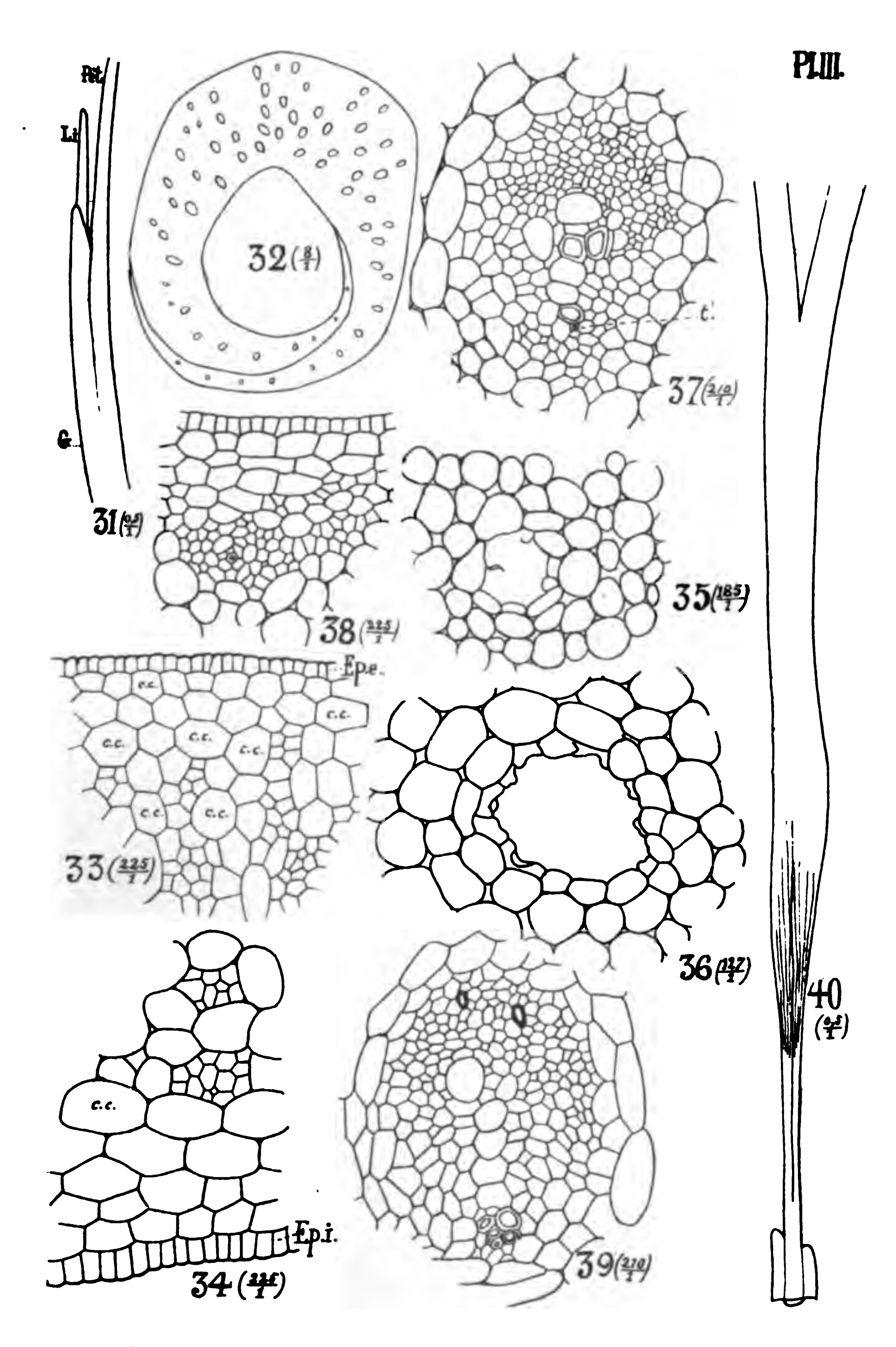
FIG. 37. — Faisceau libéro-ligneux de la gaine.

FIG. 38. — Portion de la coupe du pétiole.

FIG. 39. — Faisceau libéro-ligneux du pétiole.

Stade IV.

FIG. 40. — Feuille pétiolée dont le limbe commence à se déployer.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Fig. 31 à 39: Structure de la feuille au stade III.

Fig. 40: La feuille au stade IV.

PLANCHE IV.

PLANCHE IV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

Stade IV.

Fig. 41. — Faisceau libéro-ligneux à la base de la gaine.

Fig 42 et 43. — Gaines auriculées étalées.

État adulte.

Fig. 44, 45 et 46. — Coupes dans la gaine.

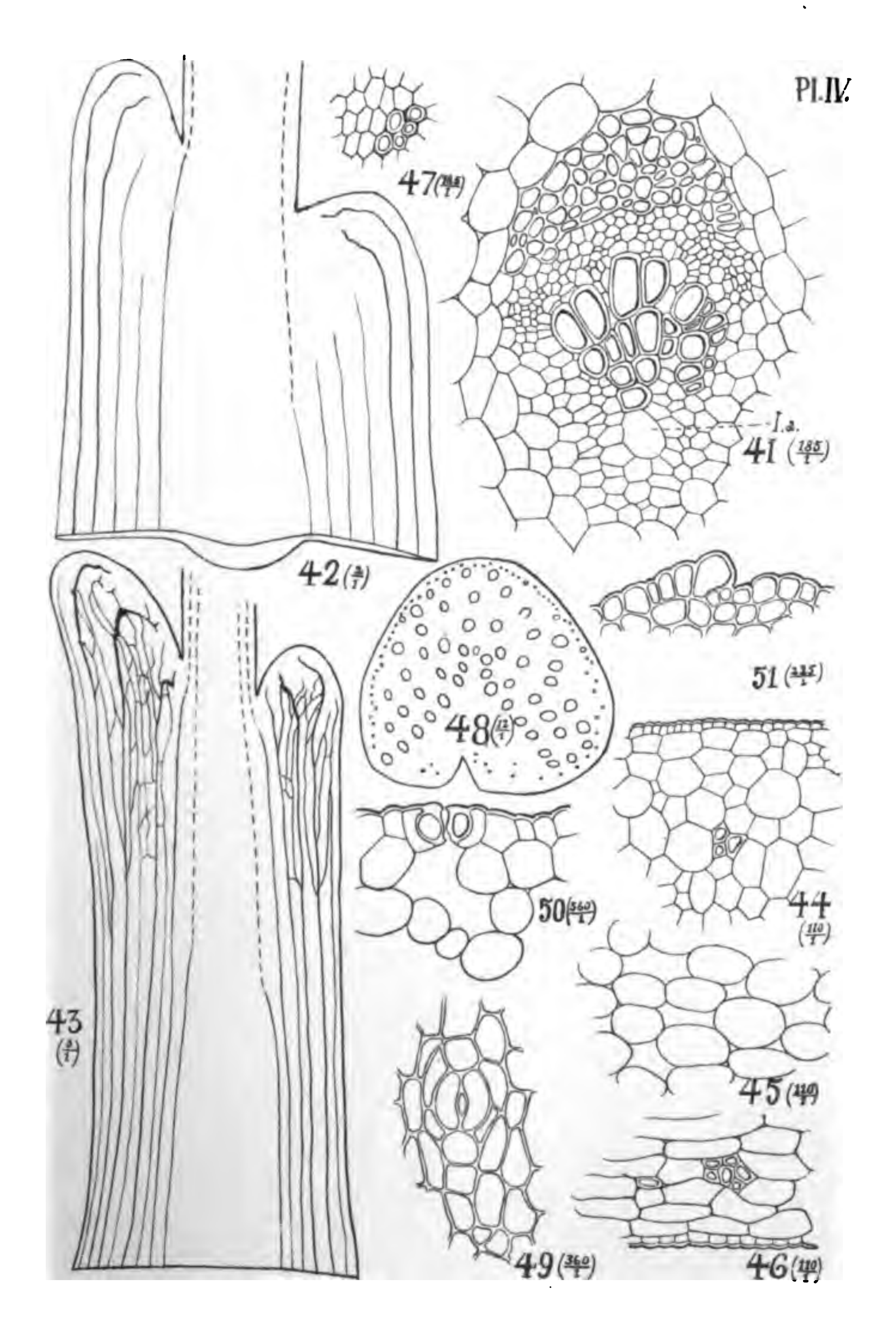
Fig. 47. — Cellules de l'épiderme externe de la gaine, vues de face.

Fig. 48. — Coupe moyenne du pétiole.

Fig. 49. — Stomate vu de face.

Fig. 50. — Stomate en section transversale.

Fig. 51. — Vestiges laissés par les poils sur une côte du limbe adulte.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Fig. 41 à 43: Structure de la feuille au stade IV.

Fig. 44 à 51: Structure de la feuille adulte.

PLANCHE V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

État adulte.

FIG. 52. — Faisceau libéro-ligneux du pétiole.

FIG. 53. — Fragment d'une coupe d'ensemble du limbe.

FIG. 54 et 55. — Coupes dans l'intervalle entre deux côtes.

FIG. 56 et 57. — Coupes dans un pli et dans une côte.

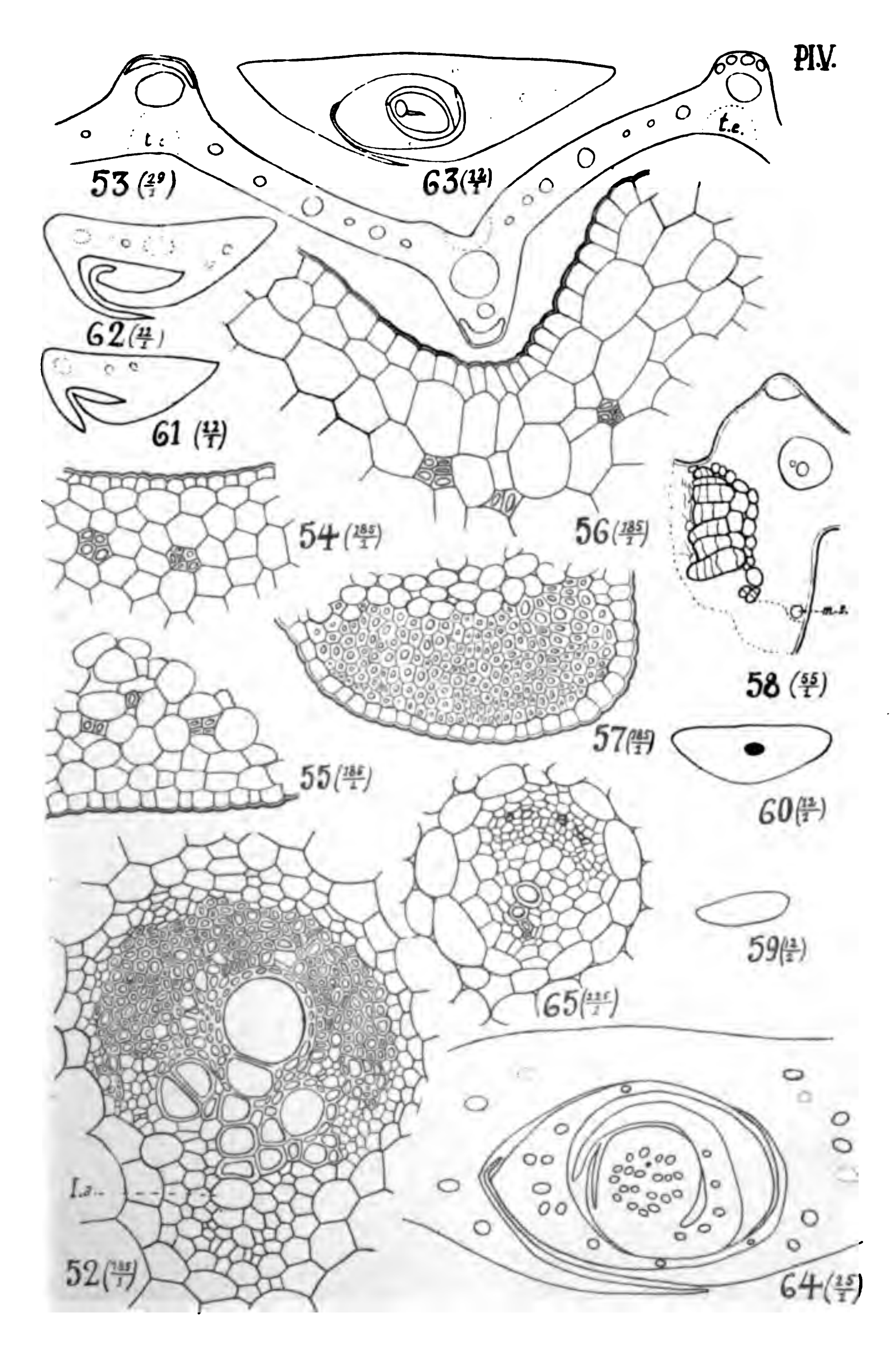
FIG. 58. — Bord d'une déchirure accidentelle du limbe au-dessous du sinus.

FIG. 59, 60, 61, 62 et 63. — Coupes successives d'ensemble dans un bourgeon axillaire protégé par une préfeuille (*).

FIG. 64. — Coupe d'ensemble de ce bourgeon, montrant en même temps les faisceaux libéro-ligneux et les canaux gommeux.

FIG. 65. — Faisceau libéro-ligneux de la préfeuille.

(*) J'ai figuré le contour des canaux gommeux par un pointillé.



Dr Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Structure de la feuille

PLANCHE VI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

TIGE.

Fig. 66. — Coupe d'ensemble dans un bourgeon terminal.

Fig. 67. — Tige, encore fort courte, avec son bourgeon terminal.

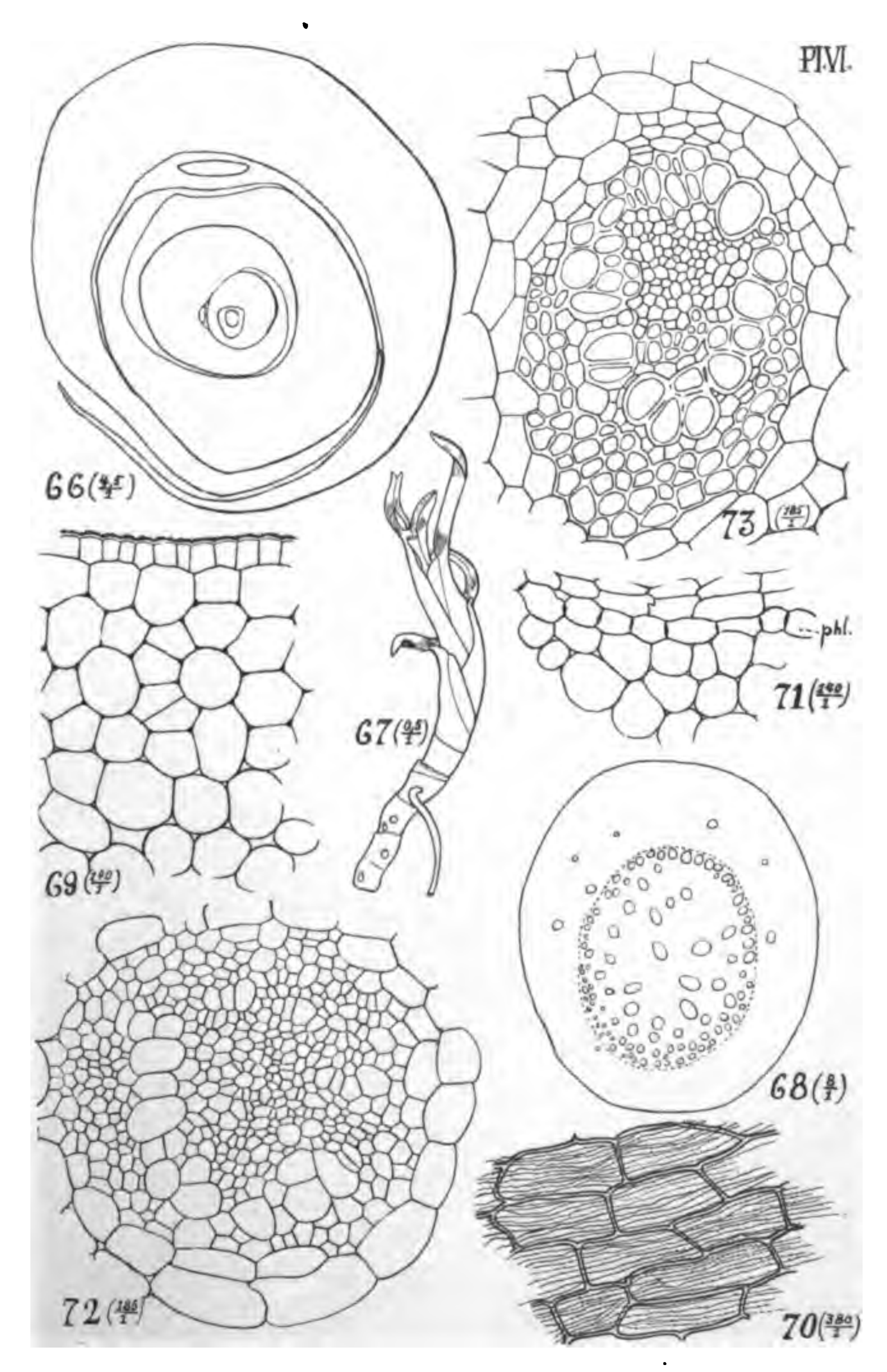
Fig. 68. — Coupe moyenne d'ensemble de cette tige.

Fig. 69. — Portion de la coupe précédente.

Fig. 70. — Cellules épidermiques vues de face.

Fig. 71. — Coupe montrant le phlœoterme.

Fig. 72 et 73. — Faisceaux libéro-ligneux.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

La tige.

PLANCHE VII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

RACINE.

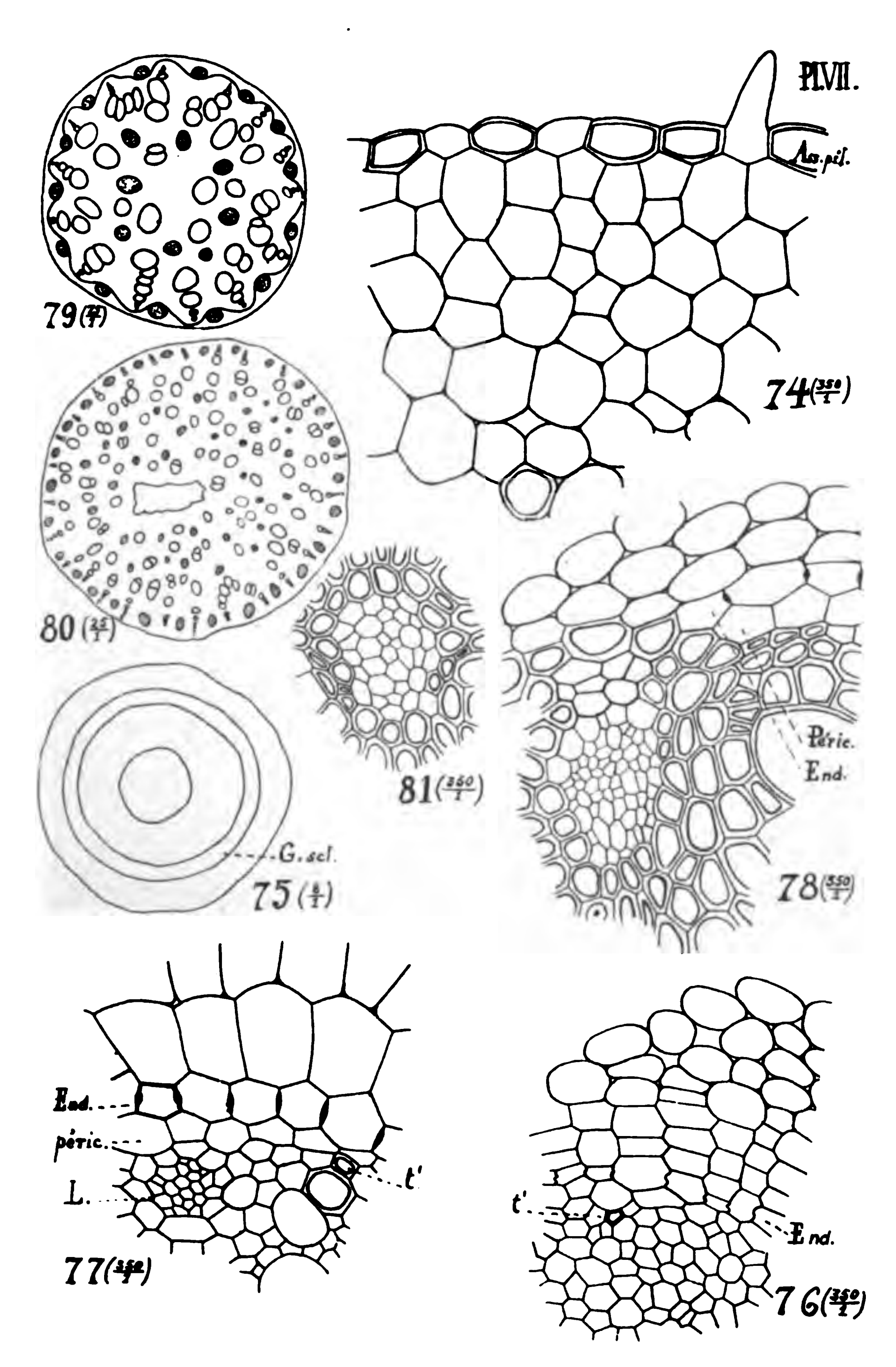
Fig. 74. — Coupe montrant la région corticale à sa périphérie.

Fig. 75. — Coupe d'ensemble.

Fig. 76, 77 et 78. — Coupes du cylindre central

Fig 79 et 80. — Coupes d'ensemble du faisceau libéro-ligneux

Fig. 81. — Massif libérien intérieur.



Dr Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Structure de la racine.

PLANCHE VIII.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

ORGANES FLORAUX.

Fig. 82. — Hampe florale débarrassée de ses spathes.

Fig 83. — Spathe dressée.

Fig. 84. — Spathe renversée.

Fig. 85 — Coupe d'ensemble de la hampe près de sa base (*).

Fig. 86 — Portion de la coupe précédente.

Fig. 87 — Épiderme de la hampe vu de face.

Fig. 88. — Faisceau libéro-ligneux à la base de la hampe.

Fig. 89 et 90. — Coupes dans la hampe près de la limite supérieure du premier entrenœud.

Fig. 91. — Faisceau libéro-ligneux dans la même region.

Fig 92. — Faisceau libéro-ligneux d'une spathe.

Fig. 93. — Diagramme de la fleur femelle.

Fig. 94. — La fleur femelle vue de dessus.

Fig. 95 — Ovule.

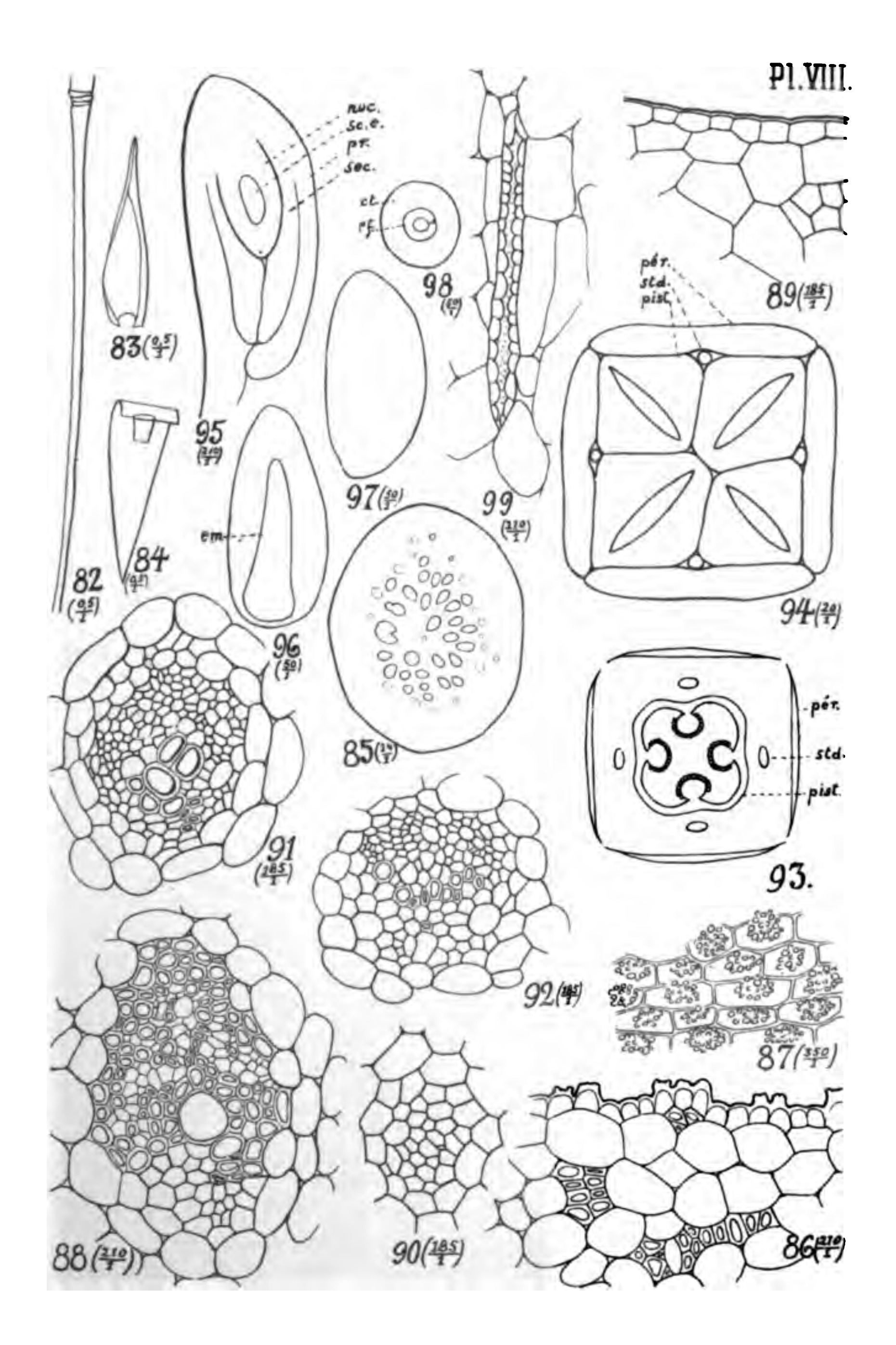
Fig 96. — Coupe longitudinale de la graine.

Fig 97. — Graine.

Fig. 98. — Coupe de la graine.

Fig. 99. — Sclérite.

* J'ai figuré le contour des canaux gommeux par un pointillé.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Organes floraux.

PLANCHE IX.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

ORGANES FLORAUX.

Fig. 100. — Coupe radiale de la fleur femelle.

Fig 101. — Staminode.

Fig. 102, 103 et 104. — Coupes dans le filet staminodique.

Fig. 105. — Cellules épidermiques des loupes glanduleuses, vues de face.

Fig. 106. — Coupe du filet staminal dans sa partie basilaire élargie.

Fig 107. — Cordon libero-ligneux du staminode.

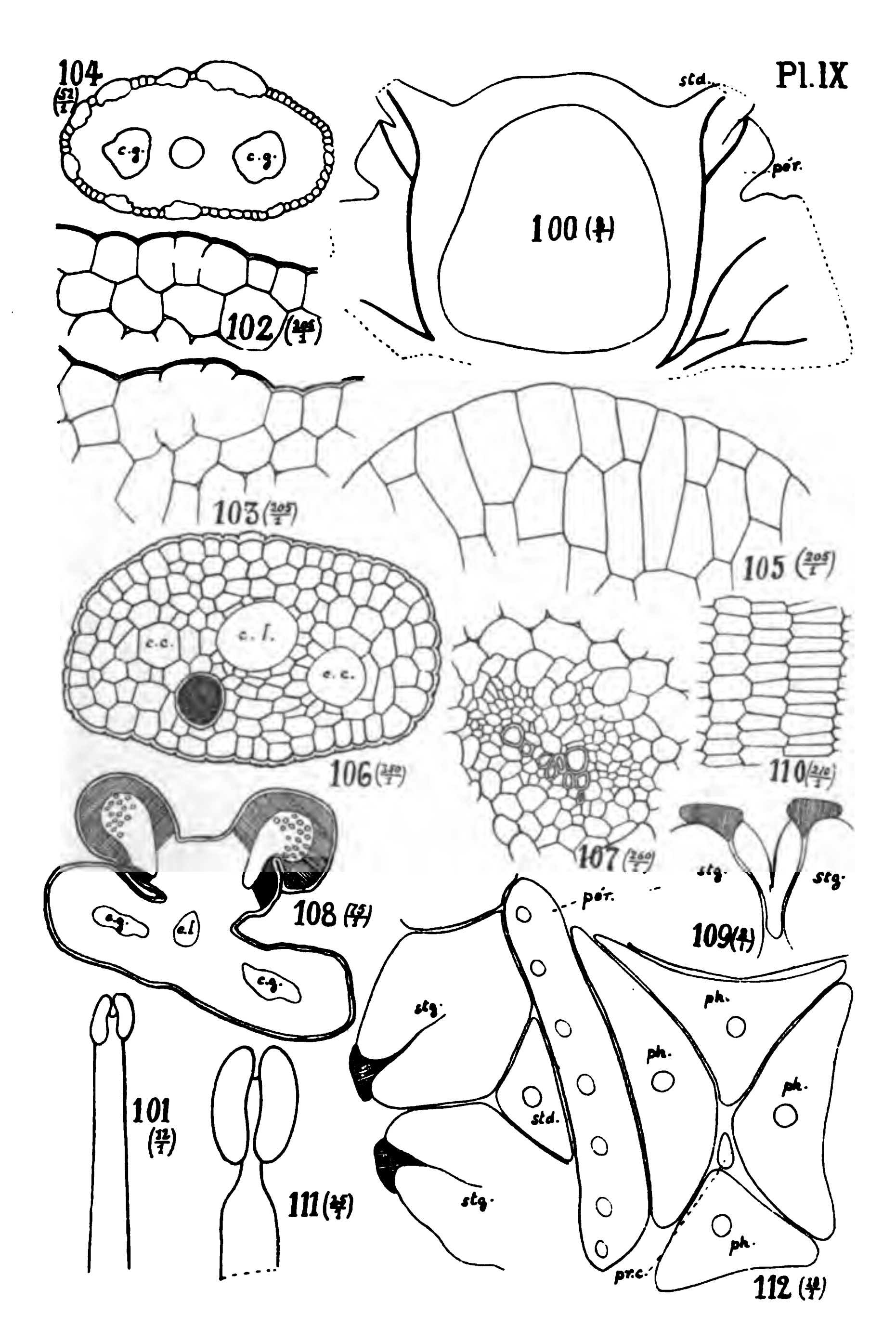
Fig. 108 — Coupe dans l'anthère rudimentaire du staminode.

Fig. 109. — Communications entre la cavité ovarienne et les sillons des lobes stigmatifères.

Fig. 110. — Portion de la graine vue de face.

Fig. 111. — Partie libre d'une étamine.

Fig. 112. — Coupe d'ensemble dans la moitié d'une fleur femelle et dans les branches anthérifères.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Organes floraux.

PLANCHE X.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

ORGANES FLORAUX.

Fig. 113. — Coupe longitudinale d'ensemble, rencontrant deux branches anthérifères.

Fig. 113bis. — Schéma de la coupe longitudinale d'une fleur mâle.

Fig. 113ter. — Diagramme de la fleur mâle.

Fig. 114 — Coupe longitudinale du mamelon central.

Fig. 115 et 116. — Coupes d'ensemble dans l'anthère.

Fig. 117. — Cordon libéro-ligneux du connectif.

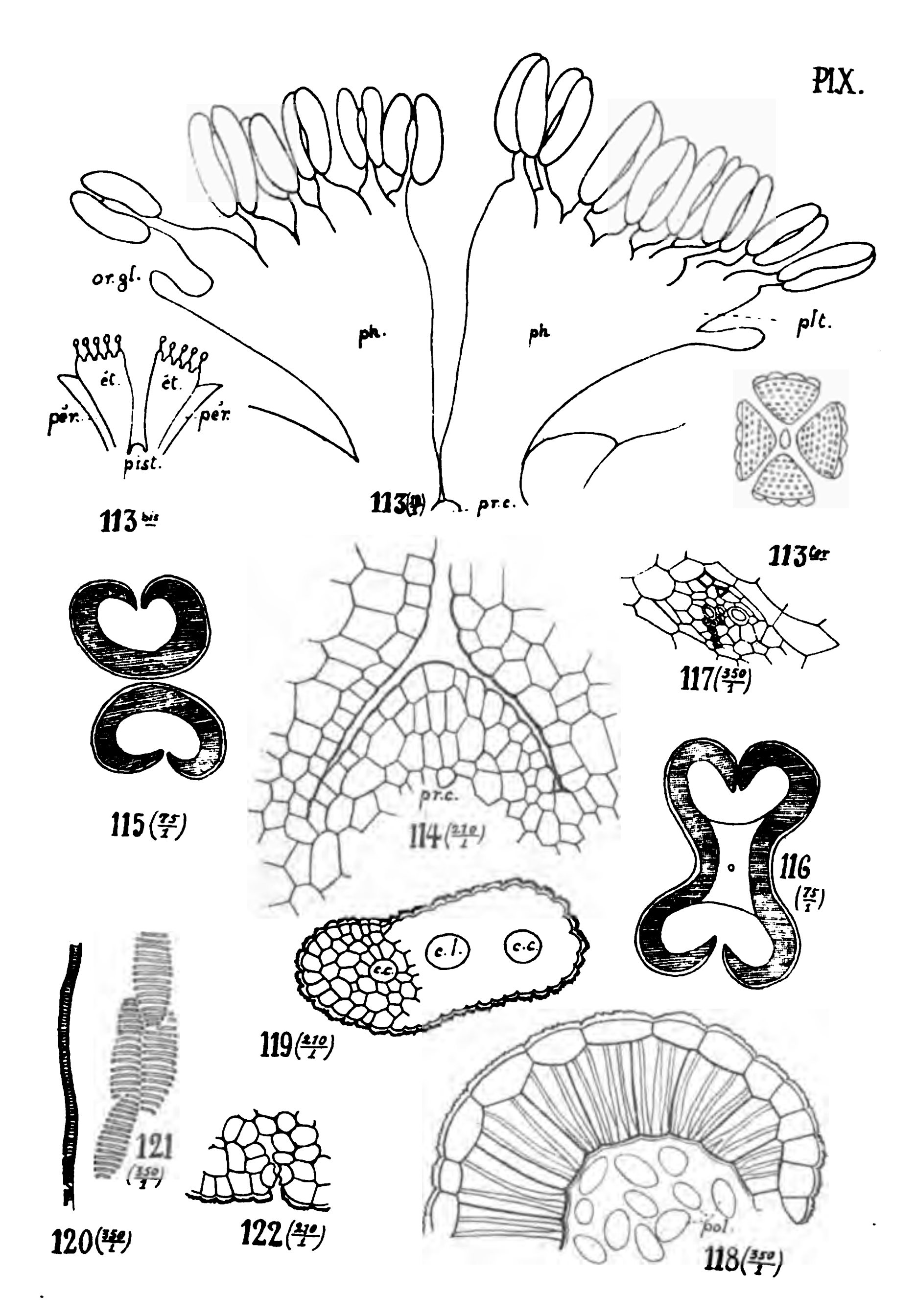
Fig. 118. — Coupe dans l'anthère.

Fig. 119 — Coupe dans la partie supérieure du filet staminal.

Fig. 120 et 121. — Trachée et cellules vasiformes parcourant la région inférieure du filet staminal.

Fig. 122. — Section transversale d'un stômate dans la partie basilaire élargie du filet staminal.

Pl. X.



Dr Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Organes floraux.

PLANCHE XI.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

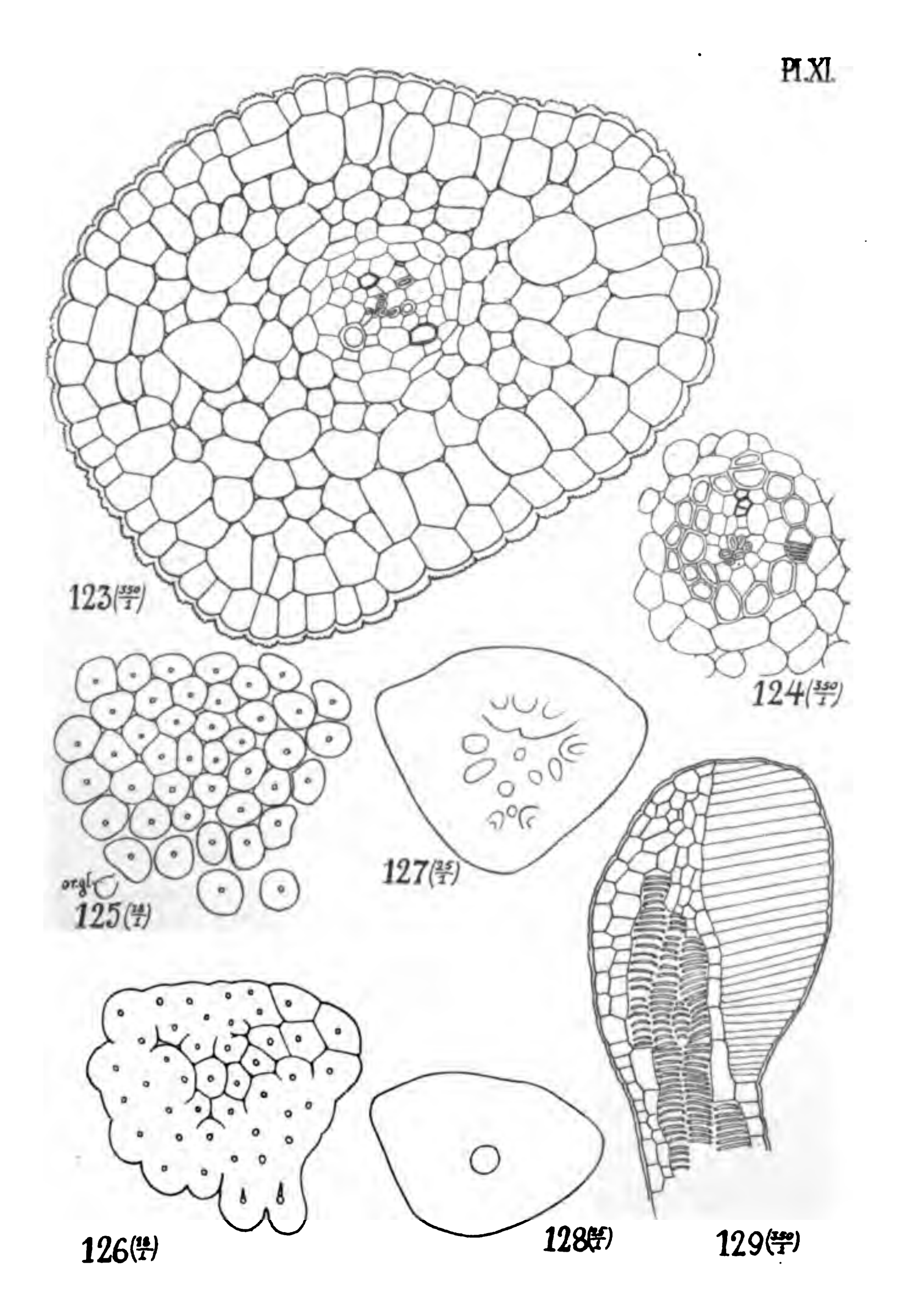
ORGANES FLORAUX.

FIG. 123. — Coupe dans la partie basilaire élargie d'un filet staminal.

FIG. 124. — Cordon libéro-ligneux isolé de la même région.

FIG. 125, 126, 127 et 128. — Fusion des parties basilaires des filets staminaux en un organe unique.

FIG. 129. — Coupe longitudinale d'une écaille de la fleur mâle.



Dr. Henri Micheels, ad nat. del.

CARLUDOVICA PLICATA KL.

Organes floraux.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

ORGANES VÉGÉTATIFS.

CHAPITRE I. — LA FEUILLE.

CHAPITRE II. — LA TIGE.

(Extrait des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége*,
3e série, t. II. 1899.)

Bruxelles. — Hayez, imp. de l'Acad. royale.

INTRODUCTION

Dans ces recherches anatomiques sur l'embryon et les plantules dans la famille des Renonculacées, j'ai choisi pour chaque genre un certain nombre d'espèces, de façon à rencontrer les structures diverses de l'embryon et des cotylédons, les différents modes de germination, ainsi que les principales formes d'adaptation. Pour chaque stade de la germination, il a été fait une étude complète par la méthode des coupes transversales successives, mais j'ai surtout porté mon attention sur certains niveaux bien définis, comme le milieu de l'hypocotyle, le nœud cotylédonaire et la région du contact de l'hypocotyle avec la racine principale. J'ai étudié aussi la structure des appendices, de la tige principale et des racines. Les plantules ont été incluses à la celloïdine et sectionnées au microtome. Les coupes, fixées au porte-objet par l'agar-agar (1), ont été éclaircies par l'eau de javelle et montées à la gélatine glycérinée.

(1) Ce procédé de fixation, employé avec succès depuis quelques années à l'Institut botanique de Liége, a été expliqué par M. le professeur Gravis dans le *Bulletin de la Société belge de microscopie*, t. XXIII, 1897.

J'ai divisé l'exposé de mes recherches en trois parties :

1° Description d'un type : le *Nigella damascena;*

2° Description des autres espèces;

3° Résumé des résultats obtenus, historique du sujet et conclusions.

Je me fais un devoir de présenter à M. le professeur Gravis mes respectueux remerciements pour les conseils qu'il n'a cessé de me donner au cours de ce travail et pour les nombreux matériaux d'étude qu'il a bien voulu mettre à ma disposition.

RECHERCHES ANATOMIQUES

SUR

L'EMBRYON ET LES PLANTULES

DANS LA FAMILLE DES RENONCULACÉES

PREMIÈRE PARTIE

NIGELLA DAMASCENA

I. — L'EMBRYON DANS LA GRAINE MURE.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Dans l'angle supérieur de l'akène du *Nigella damascena*, un peu moins obtus que l'inférieur, on trouve, dans un albumen abondant et dur, un embryon mesurant $1^{mm},5$ de longueur sur $0^{mm},5$ de largeur, droit, dont les cotylédons ont leur surface parallèle aux faces latérales de l'akène.

Le plan qui passe par le milieu de l'hypocotyle, perpendiculairement à la surface de chaque cotylédon, est appelé *plan principal de symétrie*.

STRUCTURE.

Coupes transversales.

A. Coiffe. — A quelque distance de l'extrémité inférieure de l'embryon, la coupe montre des cellules à section polygonale (fig. 1); celles du centre appartiennent au calyptrogène; celles de la périphérie font partie de la coiffe.

B. Radicule. — Quelques coupes plus haut, on voit, de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 2) :

1° La *coiffe*, comprenant à ce niveau deux couches cellulaires;

2° Le *parenchyme cortical*, constitué par huit assises de cellules disposées radialement. Endoderme non caractérisé;

3° Le *faisceau procambial*, dont le diamètre mesure un peu moins que le tiers du diamètre total de la coupe. Péricycle très net. Procambium.

La dernière coupe dans la radicule (fig. 3) montre à la surface, à côté des cellules de la coiffe, des éléments allongés dans le sens radial et recouverts extérieurement d'une légère cuticule : ce sont des cellules épidermiques appartenant à l'hypocotyle. A ce niveau, la coupe traverse donc la région qui sépare la radicule de l'hypocotyle : c'est ici que l'épiderme de l'hypocotyle se divise tangentiellement en deux couches, dont l'extérieure fait partie de la coiffe et dont l'intérieure devient pilifère après la chute de la coiffe. Cette région du contact de la coiffe avec l'épiderme est le *collet superficiel* de l'embryon.

C. Milieu de l'hypocotyle (fig. 4). — On y trouve, de la circonférence au centre :

1° L'*épiderme*;

2° Le *parenchyme cortical*, identique à celui de la radicule, sauf qu'il renferme une ou deux assises en plus et que ses cellules sont plus larges;

3° Le *faisceau procambial*, dont le diamètre ne mesure que le cinquième du diamètre total de la coupe.

D. RÉGION D'INSERTION DES COTYLÉDONS. — Une coupe pratiquée à la base du nœud cotylédonaire montre la même structure, sauf que le parenchyme cortical est moins épais et le cylindre central plus large.

Plus haut, le faisceau procambial se dédouble ; chaque moitié représente un faisceau procambial cotylédonaire (fig. 5), qui vient s'insérer à ce niveau sur le cylindre procambial de l'hypocotyle. Ces deux faisceaux sont situés dans le plan principal de symétrie et séparés l'un de l'autre par le méristème primitif de la tige principale : cette région d'insertion des cotylédons est le *collet interne.*

E. MILIEU DES COTYLÉDONS. — Une coupe vers le milieu d'un cotylédon (fig. 6) montre trois faisceaux à l'état procambial.

Coupe longitudinale (fig. 7).

A. COIFFE. — Vers le sommet de l'embryon, l'épiderme de l'hypocotyle se dédouble tangentiellement. A mesure que l'on descend, ces deux couches cellulaires sont remplacées par trois, quatre, etc., assises semblables formant la coiffe. Vers l'intérieur se trouve le calyptrogène, dont les cellules se recloisonnent activement dans le sens tangentiel. A l'extrémité inférieure de l'embryon se voient les traces du suspenseur.

B. RADICULE. — 1° La *coiffe;*

2° Le *parenchyme cortical,* présentant à sa base deux cellules initiales, dont l'extérieure semble donner naissance à une seule couche, tandis que l'intérieure produit en se cloisonnant les files radiales observées sur les coupes transversales;

3° Le *cylindre central,* terminé inférieurement par les initiales du faisceau de la racine principale.

C. MILIEU DE L'HYPOCOTYLE. — 1° L'*épiderme;*

2° Le *parenchyme cortical.* Il atteint en cet endroit son maximum d'épaisseur;

3° Le *cylindre central,* dont les cellules sont allongées dans le sens de l'axe.

D. Région d'insertion des cotylédons. — Les deux faisceaux destinés aux cotylédons s'insèrent obliquement sur le faisceau procambial de l'axe.

Le parenchyme cortical devient de moins en moins épais, et se continue avec celui des cotylédons.

L'épiderme est en continuation directe avec celui des cotylédons.

Entre les faisceaux cotylédonaires se trouve le méristème primitif de la tige principale. Il est recouvert par le dermatogène, qui se continue avec l'épiderme des cotylédons.

II. — LES PLANTULES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

La germination du *Nigella damascena* peut se diviser en six stades :

1° *Apparition de la radicule au dehors* (fig. 8);

2° *Sortie de la racine principale* (fig. 9). — On reconnaît la racine principale aux nombreuses papilles qui la recouvrent. L'hypocotyle a une surface nue, lisse, luisante, et présente une courbure à angle droit. Les cotylédons sont encore emprisonnés dans le spermoderme et absorbent l'albumen;

3° *Hypocotyle en nutation* (fig. 10). — La racine principale mesure 15 millimètres et l'hypocotyle 12. Les cotylédons commencent à se dégager;

4° *Cotylédons dégagés du spermoderme, mais non encore étalés* (fig. 11). — La longueur de la racine principale est de 2 centimètres environ; celle de l'hypocotyle varie entre 1 et 4 ou 5 centimètres, selon la profondeur à laquelle la graine a été enterrée et les conditions d'éclairage dans lesquelles elle a germé. Il est en partie souterrain. Une radicelle s'est développée sur la racine principale;

5° *Cotylédons complètement développés* (fig. 12). — La racine principale est longue de 3 à 4 centimètres et porte plusieurs radicelles. Les cotylédons verdissent et se comportent comme de véritables feuilles;

6° *Développement des premières feuilles* (fig. 13).

§ 1. — HYPOCOTYLE.

A. — *Structure au milieu de l'hypocotyle.*

Dès le début de la germination s'opère la différenciation des pôles libériens aux extrémités du diamètre perpendiculaire au plan principal de symétrie (fig. 14). Puis une première trachée

se montre à chaque pôle ligneux (fig. 15). D'autres trachées apparaissent ensuite dans une direction centripète, en même temps que les éléments libériens se multiplient, que le cambium s'ébauche et que le péricycle se divise tangentiellement (fig. 16 et 17). A l'époque où les premières feuilles se développent, les deux pôles ligneux se rejoignent au centre, l'endoderme est recloisonné radialement, le cambium fonctionne et un cambiforme issu du recloisonnement du péricycle complète la zone génératrice (fig. 18 et 19).

B. — *Structure dans la région inférieure de l'hypocotyle. Rapports de l'hypocotyle avec la racine principale.*

1° *Faisceau central de l'hypocotyle.* — Il est en continuation directe avec celui de la racine;

2° *Parenchyme cortical de l'hypocotyle.* — Le parenchyme cortical de l'hypocotyle, y compris l'endoderme, se prolonge directement dans le parenchyme cortical de la racine;

3° *Surface de l'hypocotyle.* — Elle est nettement séparée de la racine. Au niveau du collet superficiel, l'épiderme est remplacé par une assise pilifère. Ce fait est dû à un dédoublement tangentiel des cellules épidermiques, à la suite duquel les cellules externes tombent et laissent à nu les cellules internes qui s'allongent en papilles vers l'extérieur pour constituer l'assise pilifère. Une même coupe dans le collet superficiel peut traverser à la fois la base de l'hypocotyle et le haut de la racine, et montrer à sa surface des cellules épidermiques à côté de cellules pilifères (fig. 20). C'est à ce niveau que les cellules épidermiques se dédoublent tangentiellement. (Voir la coupe longitudinale de l'embryon et fig. 21.)

C. — *Structure dans la région d'insertion des cotylédons.*

Pour exposer la structure de l'hypocotyle dans la région d'insertion, je considère les plantules à trois périodes de leur développement.

Première période. — Depuis le début de la germination jusqu'au moment où les cotylédons commencent à se dégager du spermoderme.

Deuxième période. — Depuis le moment où les cotylédons commencent à se dégager jusqu'au moment où ils vont s'épanouir.

Troisième période. — Développement des premières feuilles.

Pour chaque période, j'examine trois niveaux différents :

Premier niveau. — En dessous du nœud cotylédonaire.

Deuxième niveau. — Moitié inférieure du nœud cotylédonaire.

Troisième niveau. — Moitié supérieure du nœud cotylédonaire.

PREMIÈRE PÉRIODE.

Premier niveau (fig. 22, A). — 1 à 2 millimètres en dessous du nœud cotylédonaire, le diamètre du faisceau central est sensiblement allongé dans le sens antéro-postérieur. De chaque côté du plan principal de symétrie existent deux petits massifs libériens qui, plus bas, s'insèrent sur le liber de l'hypocotyle (fig. 25). Une trachée s'est développée contre chaque pôle centripète. Ces trachées appartiennent au faisceau médian cotylédonaire et sont en rapport à ce niveau avec le bois de l'hypocotyle : ainsi s'établit le *contact des faisceaux médians cotylédonaires avec le bois de l'hypocotyle.*

Deuxième niveau (fig. 22, B). — A mesure que l'on se rapproche du nœud cotylédonaire, les massifs de liber se portent vers le faisceau médian cotylédonaire. En dedans de ces massifs on voit, à l'état procambial, le bois des faisceaux latéraux cotylédonaires.

Plus haut, d'autres trachées cotylédonaires apparaissent dans le faisceau médian, tandis que les trachées des pôles centripètes s'éteignent (fig. 26 à 29). Des coupes longitudinales selon le plan de symétrie rendent compte de la manière dont se fait cette mise en rapport des premières trachées cotylédonaires avec celles de l'hypocotyle (fig. 30).

Troisième niveau (fig. 22, C). — Au nœud cotylédonaire, les trachées et le liber sortent dans les pétioles. Le faisceau ainsi constitué est donc une anastomose de trois faisceaux : un médian (M) différencié et deux latéraux (L, L) dont le bois est encore à l'état de procambium. Ceux-ci envoient peu après leur sortie de l'hypocotyle deux faisceaux marginaux (*m*) au stade procambial, déjà remarqués dans l'embryon et dont l'un est représenté dans la figure 31 ([1]).

DEUXIÈME PÉRIODE.

Premier niveau (fig. 23, A). — Chaque pôle ligneux centripète comprend un assez grand nombre d'éléments en dehors desquels on retrouve les trachées du médian cotylédonaire. Sur les côtés de chacun de ces pôles, les massifs procambiaux vus à la période précédente se différencient et leurs trachées s'appliquent contre celles du bois centripète : ainsi s'établit le *contact des faisceaux latéraux cotylédonaires avec le bois de l'hypocotyle* (fig. 35 à 40).

([1]) Des coupes transversales successives dans une graine en germination prise tout au début de la première période, c'est-à-dire un peu avant qu'elle ait acquis la structure représentée par la figure 22, montrent :

1° Au milieu de l'hypocotyle, une trachée et un élément libérien à chaque pôle (fig. 15) ;

2° En dessous du premier niveau, pas de trachée ; à chaque pôle libérien, trois à cinq éléments parmi lesquels plusieurs appartiennent aux cotylédons et sont en contact à ce niveau avec le liber de l'hypocotyle (fig. 32) ;

3° Au premier niveau, pas de trachée ; de chaque côté du plan principal de symétrie, deux petits massifs libériens cotylédonaires (fig. 33) ;

4° Dans le faisceau cotylédonaire, pas de trachée ; deux petits massifs d'éléments dans le liber (fig. 34).

On en conclut que :

a) La mise en rapport du liber cotylédonaire avec le liber de l'hypocotyle s'opère avant la mise en rapport du bois cotylédonaire avec le bois de l'hypocotyle ;

b) Les faisceaux cotylédonaires ne se développent pas sous l'influence du faisceau de l'hypocotyle ; ils différencient leur bois après ce dernier ; ils n'en sont pas la continuation.

De chaque côté du plan principal de symétrie, les faisceaux caulinaires existent à l'état procambial (fig. 41).

Deuxième niveau (fig. 23, B). — Au nœud cotylédonaire, les latéraux cotylédonaires modifient leur orientation, s'accolent presque l'un à l'autre, et se recourbent vers l'extérieur pour se rendre avec les médians dans le cotylédon correspondant. Quant aux pôles centripètes, ils sont éteints à ce niveau.

Troisième niveau (fig. 23, C). — Les marginaux sont différenciés. On retrouve les trachées du médian cotylédonaire dans la moitié inférieure du pétiole, entre les deux massifs trachéens des latéraux (fig. 42 et 43). Dans cette partie du pétiole, le bois du faisceau cotylédonaire est donc triple et son liber double. Ce n'est que dans la moitié supérieure du pétiole cotylédonaire que le faisceau prend l'aspect ordinaire, par suite de la fusion complète du médian et des latéraux en un massif désigné par LML (fig. 44).

TROISIÈME PÉRIODE.

Premier niveau (fig. 24, A). — Les pôles centripètes se rejoignent au centre. On retrouve le médian et les latéraux cotylédonaires en contact avec le bois et le liber du faisceau centripète. Les faisceaux caulinaires qui existaient à l'état procambial pendant la période précédente se différencient à leur tour. Leurs pôles sont d'abord plus ou moins confondus avec les éléments ligneux du bois centripète (fig. 45); mais à un niveau un peu plus élevé, une moelle se forme au centre de l'axe (fig. 46). Cette moelle est traversée par des éléments du bois centripète qui servent de joint entre le bois du faisceau bipolaire et les pôles des faisceaux caulinaires : c'est là un troisième contact, *celui des faisceaux caulinaires avec le bois de l'hypocotyle.*

Deuxième niveau (fig. 24, B). — Au nœud cotylédonaire, les faisceaux caulinaires ne sont plus en rapport avec les pôles centripètes, par suite de l'extinction des joints (fig. 47). Ils se trifurquent un peu en dessous de la sortie des faisceaux cotylédonaires.

Troisième niveau (fig. 24, C). — Les branches latérales résultant de cette trifurcation passeront dans la tige et constitueront quatre faisceaux réparateurs désignés par les lettres A, B, C, D. Les branches médianes sont destinées aux feuilles 1 et 2 [1]. Le bois et le liber secondaires de ces six faisceaux ne sont que la continuation du bois et du liber secondaires de l'hypocotyle.

D. — *Résumé.*

On doit distinguer dans l'hypocotyle du *Nigella damascena* :

1° Un COLLET SUPERFICIEL au bas de l'hypocotyle, où l'assise pilifère est en contact avec l'épiderme ;

2° Un COLLET INTERNE vers le haut de l'hypocotyle, où s'opèrent *trois contacts ligneux successifs* :

a) Le contact du bois centrifuge du médian cotylédonaire avec le bois primaire centripète de l'hypocotyle *en face* de ce bois (*contact direct*) ;

Ce contact s'établit dès le début de la germination.

b) Le contact du bois des latéraux cotylédonaires avec le bois primaire centripète de l'hypocotyle *de chaque côté* de ce bois (*contact direct*) ;

Ce contact a lieu après que les cotylédons se sont dégagés du spermoderme.

c) Le contact des faisceaux caulinaires avec le bois primaire centripète de l'hypocotyle par l'intermédiaire d'éléments appartenant à la lame ligneuse bipolaire (*contact indirect*).

Ce contact s'opère dès l'apparition des feuilles.

La figure 24, A, résume ces trois contacts ligneux.

Quant au liber, celui des faisceaux cotylédonaires se rattache dans le collet interne au liber du faisceau bipolaire, dès le début de la germination, avant même la différenciation du bois des cotylédons ; celui des faisceaux caulinaires se continue directement avec le liber de l'hypocotyle.

[1] Les deux faisceaux que nous appelons *caulinaires* sont donc formés respectivement par l'anastomose des faisceaux M^1, A, D et l'anastomose des faisceaux M^2, B, C.

E. — *Remarques physiologiques.*

De ce qui précède, on conclut que la structure du collet interne du *Nigella damascena* subit avec l'âge des modifications notables. Il existe une connexion intime entre ces modifications et les besoins de la circulation. En effet :

1° Tout au début de la germination, le liber des cotylédons se différencie et se rattache à celui de l'hypocotyle pour assurer le transport des substances plastiques des cotylédons vers la radicule. La circulation minérale étant nulle à cette époque, le bois des cotylédons n'est pas formé ;

2° Au moment où la racine principale se développe, les tissus ligneux des cotylédons se raccordent à leur tour à ceux de l'hypocotyle, première trachée à première trachée, pour permettre le transport dans les cotylédons de l'eau absorbée par la racine (1er contact ligneux) ;

3° Lorsque les cotylédons se dégagent du spermoderme, leur bois se rattache en outre aux côtés de chaque pôle du faisceau de l'hypocotyle, afin de satisfaire aux exigences de la circulation minérale à une époque où les cotylédons commencent à fonctionner comme organes élaborateurs (2e contact ligneux) ;

4° Lorsque les feuilles apparaissent, leurs tissus ligneux se mettent en contact avec ceux de l'hypocotyle (3e contact ligneux). Quant à leurs tissus libériens, ils sont en continuation directe avec ceux de l'hypocotyle et de la racine, car les premières feuilles se placent dans le plan vertical des massifs de liber de l'hypocotyle : cette disposition est de nature à faciliter la circulation de la sève élaborée ;

5° Plus tard, l'hypocotyle se confond plus ou moins avec la racine principale vers le bas, la tige principale vers le haut, et les transports s'effectuent surtout par les tissus secondaires, qui se continuent d'un membre à l'autre.

F. — *Historique. Discussion. Conclusions.*

L'hypocotyle du *Nigella damascena* a été étudié spécialement par M. R. Gérard (¹). Cet auteur a seulement considéré la plante à l'époque où les cotylédons sont complètement épanouis ; en ce moment, l'hypocotyle ne présente que des formations primaires. Après avoir décrit les caractères extérieurs de la plantule, il passe en revue les divers phénomènes de ce qu'il appelle le « passage de la racine à la tige ».

« La première modification, dit M. Gérard, porte sur l'épi- » derme. Sans que la forme et la coloration des cellules changent » tout d'abord, les poils radicaux deviennent plus rares, puis » font défaut, une cuticule légère apparaît à leur surface ; les » cellules s'agrandissent peu à peu et perdent leur coloration » brunâtre. » J'ai montré (page 10, fig. 20 et 21) que dans la région comprise entre la racine principale et l'hypocotyle, l'épiderme n'est pas la continuation de l'assise pilifère ; celle-ci n'a pas à agrandir ses cellules ni à se cuticulariser ; elle ne devient pas l'épiderme; c'est au contraire celui-ci qui, en se divisant tangentiellement dans la région du collet superficiel, donne naissance à deux couches dont l'interne devient pilifère lorsque l'externe tombe.

Plus loin, M. Gérard écrit : « Le tissu conjonctif central pénètre » au milieu des éléments des faisceaux vasculaires. Ceux-ci » prennent l'aspect d'un V dont la pointe tournée vers l'exté- » rieur est formée par la trachée primitive. A la suite de cet » écartement, les vaisseaux les plus larges, formés en dernier » lieu, viennent s'appuyer contre les extrémités des faisceaux » libériens. La trachée primitive est ensuite repoussée vers » l'intérieur par interposition de tissu conjonctif entre cette » trachée et le péricambium. Repoussée de plus en plus pro- » fondément par la multiplication de ce tissu, la trachée primi-

(¹) R. Gérard, *Ann. de sc. nat.*, 6ᵉ sér., 1881, p. 308.

» tive entraîne les éléments vasculaires voisins et bientôt les
» deux branches du V se trouvent sur le prolongement l'une
» de l'autre. Comme conséquence, apparaissent deux faisceaux
» libéro-ligneux opposés, confondus par leur extrémité interne,
» formant une sécante au cylindre central. Ils ont les caractères
» des faisceaux de la tige sans en avoir l'orientation. »

. . . .

« Lors de la séparation des faisceaux libéro-ligneux qui s'in-
» fléchissent dans les cotylédons, les masses vasculaires opposées
» tournent sur les trachées médianes communes afin de se
» rapprocher et de se confondre. »

Il y a, en effet, à chaque pôle centripète, apparition de deux faisceaux libéro-ligneux destinés à chacun des cotylédons, mais ils ne sont nullement dus à une division du bois centripète. En étudiant attentivement toutes les coupes successives dans le nœud cotylédonaire à l'époque où les cotylédons dégagés du spermoderme ne sont pas encore épanouis, on peut suivre la genèse de ces faisceaux latéraux cotylédonaires contre le bois centripète, de chaque côté de ce bois. A mesure qu'ils se développent et s'incurvent pour sortir dans les cotylédons, le bois centripète s'éteint.

Il existe, du reste, un autre contact dont M. Gérard ne fait pas mention. Aux stades plus jeunes, le bois du faisceau médian cotylédonaire représenté par quelques trachées centrifuges vient s'attacher en face du pôle centripète. Ces trachées se retrouvent plus tard entre les deux faisceaux latéraux : ce sont « les trachées médianes communes » de M. Gérard, autour desquelles il suppose que « les masses vasculaires opposées tournent ».

« A la base du pétiole, la fusion (entre les masses vasculaires)
» est faite, continue M. Gérard, et l'on ne trouve plus qu'une
» seule masse vasculaire centrifuge, à la place de chaque fais-
» ceau centripète de la racine. » J'ai démontré, au contraire, que ces masses représentant les latéraux cotylédonaires restent distinctes jusque vers le milieu du pétiole cotylédonaire, et qu'entre elles se retrouvent les trachées du médian cotylédonaire : ce

n'est que vers la moitié supérieure du pétiole que la fusion entre les trois faisceaux est accomplie.

« Simultanément, dit encore M. Gérard, les faisceaux libériens » se divisaient en trois masses égales. Nous avons déjà suivi » jusque dans les cotylédons, les deux latérales qui se super- » posent aux demi faisceaux vasculaires de la racine ; la partie » médiane, plutôt procambiale que libérienne, donne naissance » à sa face interne, dans l'ordre centrifuge, à de petites trachées. » Celles-ci sont les trachées polaires des faisceaux caulinaires. A un stade plus avancé que celui étudié par M. Gérard, à l'époque où les massifs centripètes se rejoignent au centre, on peut voir que les trachées des faisceaux caulinaires se mettent en contact avec les pôles centripètes par l'intermédiaire d'éléments appartenant à la lame bipolaire.

« Les faisceaux libéro-ligneux ainsi constitués, ajoute » M. Gérard, ont dès leur naissance tous les caractères des » faisceaux de la tige. Ils se divisent bientôt en trois masses, » deux petites latérales qui deviennent les nervures latérales » des cotylédons, la médiane plus volumineuse passe dans le » premier entre-nœud. » Il y a là une erreur déjà relevée par M. Nihoul (¹). Les quatre masses latérales sont les débuts des faisceaux réparateurs appelés A, B, C, D. En réalité, les « nervures latérales des cotylédons » sont les faisceaux marginaux provenant d'une division des latéraux à leur sortie de l'hypocotyle. On ne peut d'ailleurs se défendre d'un sentiment de surprise en voyant M. Gérard accorder à ses « nervures latérales des cotylédons », une insertion sur l'axe hypocotylé, alors qu'il considère leur nervure médiane comme la continuation du faisceau bipolaire. Comment admettre, en effet, que les faisceaux sortants d'un même appendice se comportent si différemment dans leurs rapports avec l'axe?

En résumé, partant de la racine et se dirigeant vers la tige,

(¹) Ed. Nihoul, *Contribution à l'étude anatomique des Renonculacées. Ranunculus arvensis* L. (Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LII.)

M. Gérard recherche comment les tissus du premier de ces membres « passent » dans le second : il admet la tranformation de l'assise pilifère en épiderme et le passage du système radical dans les feuilles séminales. Dans ce passage, le bois présenterait successivement une orientation centripète, une orientation sécantielle et enfin une orientation centrifuge. Il subirait, en un mot, une torsion de 180°.

J'ai montré qu'il n'y a pas de passage, mais contact dans l'hypocotyle des tissus de la racine avec ceux de la tige. Dans le bas de l'hypocotyle, l'assise pilifère touche à l'épiderme. Dans le haut, le bois centripète du faisceau bipolaire se juxtapose au bois des faisceaux cotylédonaires, des faisceaux foliaires et des faisceaux réparateurs de la tige. Les trachées de la racine ne se continuent donc pas dans les cotylédons; il n'y a pas de torsion de 180°.

La figure 48 résume l'interprétation de M. Gérard et la mienne quant à la structure de la région d'insertion des cotylédons. Les faisceaux destinés aux feuilles 1 et 2, ainsi que les faisceaux réparateurs A, B, C, D, ne sont pas représentés dans cette figure.

§ 2. — COTYLÉDONS.

A. — *Caractères extérieurs.*

J'ai étudié les cotylédons à l'époque de leur complet développement (6e stade).

Forme et dimensions (fig. 49).— Ils présentent un limbe ovale à sommet obtus, long de 20 millimètres et large de 6 à 7 millimètres. Les pétioles mesurent 14 à 15 millimètres de longueur. Ils sont concrescents à leur base sur une longueur d'un $^1/_2$ millimètre environ.

Nervation (fig. 49). — Aussitôt sortis de l'hypocotyle, les latéraux cotylédonaires fournissent chacun une ramification, de façon que le pétiole est parcouru par trois faisceaux : m, $\widetilde{LML}$, m. Au sommet du pétiole, le massif $\widetilde{LML}$ se divise en trois branches L, M, L. Des cinq nervures principales ainsi constituées, les trois du milieu sont plus fortes que les autres, mais toutes se reconnaissent jusqu'au sommet du limbe. Elles émettent de nombreuses nervilles qui s'anastomosent entre elles.

B. — *Histologie.*

Une seule couche de cellules dans le parenchyme palissadique, sous l'épiderme interne, huit dans le parenchyme spongieux, qui occupe les trois quarts de l'épaisseur du mésophylle, sous l'épiderme externe (fig. 50). Chlorophylle dans tout le mésophylle. Un seul faisceau dans chaque nervure. Vues de face, les cellules épidermiques ont un contour irrégulier, plus sinueux à la face externe qu'à l'interne (fig. 51 et 52). Stomates sans cellules annexes, au nombre de cent deux par mm^2 à la face externe, de quarante à la face interne. Ni glande à eau, ni cristaux, ni poils.

§ 3. — PREMIÈRES FEUILLES.

Elles ont été considérées à l'état adulte.

A. — *Caractères extérieurs.*

Feuille 1. *Forme et dimensions.* — La feuille 1 présente des formes très diverses (fig. 53). Dans son état le moins compliqué, elle est simple, ovale, et rappelle le cotylédon, sauf que son pétiole est plus long et son limbe moins obtus à l'extrémité; cette forme se présente rarement : je ne l'ai observée qu'une fois dans un semis d'une trentaine de plantules. Elle peut aussi être trilobée, à lobes entiers. Mais le plus souvent, ses trois lobes présentent des découpures plus ou moins nombreuses.

Son pétiole mesure de 2 à 4 centimètres de longueur, son limbe 1 $^{1}/_{2}$ à 2 centimètres.

Nervation (fig. 54). — Le pétiole est parcouru par trois faisceaux provenant d'une trifurcation du médian à sa sortie. A la base du limbe, le faisceau médian se divise de nouveau en trois branches qui fournissent les nervures médianes aux différents lobes. Nombreuses nervilles anastomosées.

Feuille 2. — La feuille 2 est bipinnatiséquée, à cinq lobes (fig. 55). Comme la feuille 1, elle est longuement pétiolée.

Feuilles suivantes. — Les feuilles 3, 4, 5... sont bipinnatiséquées, à plus de cinq lobes.

B. — *Disposition.*

La figure 56 représente une coupe transversale dans le sommet végétatif au 5e stade. On y voit la concrescence des pétioles cotylédonaires, l'opposition parfaite des cotylédons ainsi que des feuilles 1 et 2. On remarque en outre que dans l'un des cotylédons (l'antérieur, *cot. a.*) le faisceau médian est déjà trifurqué,

tandis qu'il ne l'est pas encore dans l'autre (*cot. p.*) : le premier est inséré un peu plus bas que le second, particularité qui se vérifie, d'ailleurs, dans toutes les séries de coupes à travers le nœud cotylédonaire.

L'individu étudié est dextre, c'est-à-dire que la spire phyllotaxique passant par *cot. a.*, *cot. p.*, fe^1, fe^2.... tourne dans le sens des aiguilles d'une montre (1).

Sur une coupe transversale dans le sommet végétatif au 6ᵉ stade (fig. 57), on constate que la fe^6 est superposée à la fe^1 et que pour aller de celle-ci à celle-là, il faut faire deux tours de spire.

La figure 58 est la projection horizontale des nœuds de la tige principale un peu plus âgée. Les divergences foliaires sont indiquées dans le tableau suivant :

cot. a	
	> 180°
cot. p	
	> 92°
fe^1	
	> 180°
fe^2	
	> 125°
fe^3	
	> 148°
fe^4	
	> 125°
fe^5	
	> 150°
fe^6	

L'angle moyen de divergence est donc de 143°, soit $^2/_5$ de circonférence : c'est l'angle de la disposition quinconciale.

La plantule qui a fourni cette projection était senestre. Dans la nature, il y a autant d'individus dextres que senestres.

C. — *Histologie.*

Pétiole. — Une coupe transversale au milieu des pétioles foliaires montre trois faisceaux (L, M, L), cinq faisceaux

(1) Dans la figure 56, la spire phyllotaxique passant par *cot. a*, *cot. p*, fe^1, fe^2... semble senestre, mais les coupes ayant été pratiquées en tenant l'objet renversé (le sommet de la tige en bas), les images sont symétriques de la disposition réelle.

(*m*, L, M, L, *m*) ou sept faisceaux (*m*, L, *i*, M, *i*, L, *m*), selon le degré de vigueur de la feuille (fig. 59, 60, 61). Chaque faisceau possède un péricycle et un cambium éteint (fig. 62).

LIMBE. — Sur une coupe transversale, au milieu du limbe d'une feuille quelconque, on voit (fig. 63) :

1° L'*épiderme*. — Cellules sans chlorophylle, à cuticule mince. Vues de face, elles ont un contour sinueux (fig. 64 et 65). Stomates sans cellules annexes, au nombre de soixante-douze par millimètre carré à la face externe, beaucoup moins nombreux à la face interne, formés par deux cellules de bordure au niveau de la surface et surmontés de deux replis saillants de la cuticule. Pas de poils;

2° Le *mésophylle*. — Une seule couche de cellules dans le parenchyme palissadique sous l'épiderme interne. Parenchyme spongieux sous l'épiderme externe : sept ou huit couches de cellules irrégulières à grands méats. Chlorophylle régulièrement répartie dans tout le mésophylle. Ni cristaux, ni glandes;

3° Les *nervures*. — Faisceau comme dans le pétiole.

§ 4. — TIGE PRINCIPALE.

A. — *Caractères extérieurs.*

La tige principale est entièrement aérienne. Elle reste longtemps courte et commence seulement à s'allonger lorsque la septième ou la huitième feuille pousse. A cette époque, les cotylédons sont flétris.

B. — *Structure.*

La figure 66 montre le parcours des faisceaux dans l'hypocotyle et la tige principale.

Pas d'anastomoses aux nœuds.

La première feuille ne reçoit qu'un faisceau, qui se trifurque dès la base du pétiole. Les autres en reçoivent trois, dont les deux latéraux sont fournis l'un par le groupe qui donne le médian, l'autre par un groupe voisin, de telle sorte que des entrecroisements se produisent aux nœuds : L^2, par exemple, croise L^4 en sortant, comme on le voit dans la figure 67 qui est une projection horizontale des faisceaux des quatre premiers nœuds.

§ 5. — RACINES.

Il y a lieu de distinguer la racine principale et les radicelles. Aucune racine adventive n'a été observée au nœud cotylédonaire ni à la limite entre la racine principale et l'hypocotyle.

Racine principale. — Structure semblable à celle du milieu de l'hypocotyle, sauf que l'épiderme y est remplacé par l'assise pilifère (fig. 68). Elle reste prédominante et devient pivotante.

Radicelles. — Comme la racine principale, sauf que les productions secondaires y sont peu développées.

DEUXIÈME PARTIE

ESPÈCES DIVERSES

I. — GENRE *CLEMATIS.*

Dans un travail précédent [1], j'ai étudié d'une façon détaillée cinq espèces du genre *Clematis :* le *C. vitalba,* le *C. integrifolia,* le *C. viticella,* le *C. flammula* et le *C. recta.*

EMBRYON. — Il est long de 7 millimètres et large de 3 millimètres. Il est logé dans l'angle supérieur de l'akène. Même structure que celui du *Nigella damascena.*

HYPOCOTYLE. — De longueur moyenne, en partie souterrain.
Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme avec ou sans plissements.

Région d'insertion comme dans le *Nigella damascena.* Dans les plantules à racine tripolaire, un des pôles se termine à la base de l'hypocotyle, de telle sorte que celui-ci ne renferme que les deux pôles nécessaires à l'insertion des cotylédons. Le pôle éteint s'est sûrement développé en dehors de l'influence des faisceaux cotylédonaires. Il ne peut être question pour lui de passage et de torsion de 180°. Quant aux deux autres massifs ligneux centripètes qui sont en contact dans le haut de l'hypocotyle avec les faisceaux cotylédonaires, ils ont dans le faisceau tripolaire de la racine la même allure que le premier. On peut en conclure que le faisceau tripolaire tout entier est indépendant des

[1] STERCKX, *Contribution à l'anatomie des Renonculacées. Tribu des Clématidées.* (MÉM. DE LA SOC. ROY. DES SC. DE LIÉGE, 2e sér., t. XX.)

faisceaux unipolaires (cotylédonaires, foliaires et réparateurs). Des faits analogues ont été mis en relief par M. Lignier ([1]) dans le *Gustavia Leopoldi*, et par M. Gravis ([2]) dans le *Tradescantia virginica*.

Cotylédons. — Épigés, sauf dans le *C. viticella* où ils sont toujours hypogés et dans les espèces *flammula*, *recta* et *corymbosa*, où ils le sont parfois.

Pas de concrescence des pétioles cotylédonaires.

Les cotylédons du *C. vitalba*, du *C. flammula* et du *C. recta* reçoivent chacun trois faisceaux (L, M, L) qui se fusionnent peu après leur sortie, comme dans la Nigelle. Ceux du *C. viticella* et du *C. integrifolia* en reçoivent cinq (*m*, L, M, L, *m*), les marginaux se rattachant de chaque côté de la lame bipolaire de l'hypocotyle.

Des plantules anomales de *C. vitalba* présentent trois cotylédons et des feuilles verticillées par trois. Leur hypocotyle possède trois pôles et la structure du nœud cotylédonaire est analogue à celle des individus normaux.

Premières feuilles. — Dans le *C. vitalba*, on trouve d'abord des feuilles dentées, puis trilobées, trifoliolées, et enfin des feuilles à cinq folioles. Ces premières feuilles n'ont pas leur pétiole volubile comme les feuilles de la tige adulte. Celles de la première paire sont d'inégale grandeur et insérées à des niveaux légèrement différents ; au nœud 1, la feuille qui apparaît la première (fe^1) est située plus bas et prend un moins grand développement que l'autre (fe^1). De plus, la fe^1 ne reçoit généralement qu'un faisceau, tandis que la fe^1 en reçoit trois. Ces trois caractères (apparition successive, inégalité de taille à l'état adulte

([1]) Lignier, *Recherches sur l'anatomie des organes végétatifs des Lécythidacées*. (Bull. Sc. de la France et de la Belgique, publié par A. Giard, t. XXI, 1890.)

([2]) Gravis, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le Tradescantia virginica*. (Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LVII, 1898.)

et différence de niveau d'insertion) se retrouvent aux six ou sept nœuds suivants ; les feuilles de ces nœuds reçoivent chacune trois faisceaux provenant régulièrement des réparateurs A,B,C,D. On peut faire passer une spirale régulière, tantôt dextre, tantôt senestre, par les feuilles les plus jeunes ou par les feuilles les plus âgées de chaque paire. Ces appendices sont cependant placés en croix, mais non rigoureusement opposés l'un à l'autre.

A partir du huitième ou du neuvième nœud, les feuilles de chaque paire sont franchement opposées-décussées, insérées au même niveau et apparaissent simultanément ; elles reçoivent toutes trois faisceaux.

Les premières feuilles du *C. viticella* et de *C. flammula* sont réduites, écailleuses.

Tige principale. — Elle comprend deux régions qui correspondent aux deux manières d'être des feuilles :

1° La région à structure variable, formée des sept ou huit premiers segments [1]. Les entre-nœuds contiennent moins de douze faisceaux : ordinairement six gros (parfois cinq seulement) et deux, quatre ou cinq petits. Dans les nœuds, le parcours de ces faisceaux est fort irrégulier et fort variable ;

2° La région à structure constante, à partir du huitième ou du neuvième segment. Les entre-nœuds renferment toujours douze faisceaux (six gros et six petits) qui se ramifient et s'anastomosent d'une façon très régulière dans les nœuds.

La première année, la tige principale reste courte et ne comprend que quelques entre-nœuds.

Racines. — *Racine principale.* — Vigoureuse et pivotante. Faisceau bi- ou tripolaire. Tissus secondaires abondants. Pas de racine adventive à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bi- ou tripolaires.

[1] Par *segment caulinaire*, il faut entendre un nœud de la tige avec l'entre-nœud qui précède.

II. — GENRE *ATRAGENE*.

J'ai étudié spécialement l'*Atragene alpina* (1).

EMBRYON. — Comme dans le *Nigella damascena*.

HYPOCOTYLE. — De longueur moyenne, en partie souterrain.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme sans plissements, recloisonné radialement.

Péricycle à deux couches de cellules en face des pôles ligneux. L'interne est destinée à compléter la zone génératrice circulaire en formant deux arcs interlibériens qui fonctionnent, non comme un cambium ainsi que cela a lieu dans le *C. vitalba*, mais comme un cambiforme, c'est-à-dire qu'ils donnent naissance à du tissu fondamental secondaire interne et à du tissu fondamental secondaire externe, tous deux formés de cellules à parois minces.

COTYLÉDONS. — Épigés.

Pas de concrescence.

Trois faisceaux sortent dans le pétiole; ils sont d'abord fusionnés à leur sortie en un seul massif ($\widetilde{\text{LML}}$) ; plus haut, les latéraux se bifurquent, comme dans le *Nigella damascena*, puis on trouve cinq faisceaux (*m*, L, M, L, *m*), par suite de la trifurcation du massif $\widetilde{\text{LML}}$.

PREMIÈRES FEUILLES. — Les feuilles des deux premières paires sont inégalement développées. Au premier nœud, la feuille la plus ancienne (fe^1) est un peu plus petite et simplement crénelée ; l'autre (fe^2) est trilobée. Les feuilles du deuxième nœud sont trilobées. A partir du troisième nœud, les feuilles de chaque paire sont égales et trifoliolées. Les feuilles pérulaires du bourgeon terminal ont un limbe rudimentaire, poilu; la portion inférieure est longue et élargie.

(1) Voir la note de la page 25.

L'étude du parcours et de la vernation, dans des plantules suffisamment jeunes, démontre que les feuilles de chaque paire naissent à des niveaux différents et qu'à chaque nœud les feuilles les plus anciennes (*fe* 1, 2, 3, 4) sont toutes rejetées d'un côté, et les feuilles les plus jeunes (*fe* I, II, III, IV) de l'autre. Il en résulte que les premiers appendices de la tige principale sont disposés dans un ordre distique presque régulier. Ce n'est qu'à partir du cinquième ou du sixième nœud que les feuilles s'attachent au même niveau et sont distinctement opposées-décussées. Comme le *Clematis*, l'*Atragene* dérive d'ancêtres à feuilles alternes.

Tige principale. — Elle reste très courte durant la première année et se termine, à la fin de l'été, par un bourgeon protégé par des feuilles pérulaires. Elle renferme quatre faisceaux réparateurs A, B, C, D, d'où se détachent *latéralement* les faisceaux foliaires (médians et latéraux).

Racines. *Racine principale.* — Vigoureuse et pivotante. Bipolaire. Pas de racine adventive à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires ou tripolaires.

III. — GENRE *THALICTRUM*.

M. Mansion [1] a fait une étude détaillée du *Thalictrum flavum*.

Embryon. — 0,4 millimètre de longueur sur 0,2 millimètre de large. Même structure que dans le *Nigella damascena*.

Hypocotyle. — De longueur moyenne, en partie souterrain. Il est fortement ridé transversalement.

Racines adventives au nœud cotylédonaire.

Cellules de l'endoderme recloisonnées radialement et transversalement.

Région d'insertion comme dans le *Nigella damascena*.

Cotylédons. — Pétioles légèrement concrescents à leur base, mesurant 1 centimètre de longueur environ sur 0,5 millimètre à 1 millimètre de largeur. Limbe ovale avec sinus terminal, long de 10 à 12 millimètres et large de 6 à 8 millimètres.

Un seul massif $(\widetilde{LML})$ dans toute l'étendue du pétiole. Nervation très simple : une nervure médiane, deux latérales et deux marginales. Ces cinq nervures principales donnent des ramifications qui se terminent généralement sans s'anastomoser.

Poils glanduleux peu abondants sur le pétiole et les deux faces du limbe. Glande à eau au sommet, munie, à la face interne, d'une douzaine de stomates aquifères béants. Stomates aérifères à la face externe seulement. Pas de cristaux.

Premières feuilles. — Trifoliolées et munies d'une gaine surmontée de deux petites proéminences latérales. Glandes à eau. Stomates à la face externe seulement. Poils glanduleux très peu abondants sur la face externe. Mésophylle bifacial. Elles reçoivent trois faisceaux de la tige.

[1] A. Mansion, *Contribution à l'anatomie des Renonculacées. Le genre Thalictrum.* (Mémoires de la Soc. roy. des Sc. de Liége, 2e sér., t. XX.)

Racines. — Sclérose des fibres primitives au centre du faisceau; production d'ilots dans le tissu fondamental secondaire interne ordinairement sclérifié en face des pôles ligneux primaires; grand développement des parenchymes secondaires externes en dehors des zones cambiales et cambiformes; recloisonnement du péricycle; persistance de l'endoderme recloisonné radialement et occupant la surface après décortication du parenchyme cortical; absence de suber.

Vers la fin de la première saison, toutes les portions âgées des racines se raccourcissent, par suite d'une augmentation de la turgescence de ces organes, et plongent dans le sol les premiers nœuds de la tige principale.

Racine principale. — Bipolaire. Vigoureuse et pivotante.

Racines adventives. — Trois ou quatre pôles.

Radicelles. — Deux, trois ou quatre pôles. Tissus secondaires peu développés ou nuls. Persistance du parenchyme cortical.

IV. — GENRE *ANEMONE*.

J'ai représenté des plantules d'*Anemone Pulsatilla* (fig. 69), d'*A. sylvestris* (fig. 70), d'*A. hortensis* (fig. 71), d'*A. coronaria* (fig. 72 et 73), d'*A. nemorosa* (fig. 74 et 75) et d'*A. apennina* (fig. 76 et 77). Dans la figure 71, on voit la feuille 4 de l'*A. hortensis* en nutation, c'est-à-dire recourbée à la partie supérieure du pétiole pour se frayer un passage dans le sol. Dans l'*A. sylvestris*, des bourgeons adventifs se développent sur la racine principale (fig. 70).

EMBRYON.— L'embryon est dicotylédoné dans certaines espèces (*Pulsatilla*, *sylvestris*, *rivularis*, *pensylvanica*, *narcissiflora*, *alpina*, *coronaria*, *hortensis*, etc.), acotylédoné dans d'autres (*nemorosa*, *trifolia*, *ranunculoides*, *apennina*). L'absence de cotylédons dans la graine mûre provient d'un arrêt du développement de l'embryon; les cotylédons se forment plus tard, au début de la germination.

Parmi les embryons dicotylédonés, j'ai particulièrement étudié celui de l'*A. narcissiflora*. Il ne diffère pas sensiblement de celui du *Nigella damascena*. Il est long de 0,7 millimètre et large de 0,4 millimètre. La figure 78 en représente la coupe longitudinale, et la figure 79 une coupe transversale pratiquée immédiatement au-dessous du méristème primitif. La concrescence cotylédonaire que l'on remarque dans cette dernière figure n'existe plus dans la coupe suivante.

Parmi les embryons acotylédonés, j'ai spécialement porté mon attention sur ceux de l'*A. nemorosa* et de l'*A. ranunculoides*. Ils sont ovoïdes, extrêmement petits (le premier mesure 0,22 millimètre de longueur sur 0,16 millimètre de largeur, et le second 0,12 millimètre sur 0,7 millimètre) et sont munis d'un assez long suspenseur (fig. 80, 81, 82). Des coupes successives à travers ces embryons montrent une structure homogène, formée de cellules polyédriques sans méats (fig. 83, 84, 85).

Hypocotyle. — Dans les espèces à germination épigée et à pétioles cotylédonaires libres, l'hypocotyle est assez long, en partie souterrain (fig. 69 et 70) : *A. Pulsatilla, sylvestris, stellata, pavonina, virginiana, vitifolia, patens, Hudsoniana, multifida, pensylvanica, decapetala.*

Dans les espèces à germination épigée et à pétioles concrescents (fig. 71, 72, 73, 76, 77), ainsi que dans les espèces à germination hypogée (fig. 74 et 75), l'hypocotyle est court, souterrain, et se renfle souvent en tubercule : *A. alpina, narcissiflora, coronaria, hortensis, apennina; — nemorosa, ranunculoides, trifolia.*

Racines adventives au nœud cotylédonaire dans quelques espèces, notamment l'*A. pensylvanica* et l'*A. sylvestris* (fig. 70).

Endoderme à plissements. Décortication précoce du parenchyme cortical (fig. 86).

La mise en rapport du bois centrifuge et du bois centripète se fait comme dans le *Nigella damascena*. On remarque toutefois que dans l' *A. apennina*, les faisceaux A, B, C, D proviennent du même caulinaire, celui qui est à l'opposé des pétioles cotylédonaires rejetés du même côté et concrescents (fig. 87 à 92 et fig. 93). Chaque pétiole cotylédonaire est parcouru par un faisceau de même structure que dans la Nigelle, c'est-à-dire à bois triple et à liber double.

Cotylédons. — Ils sont épigés, plus ou moins longuement pétiolés ([1]), bien développés, minces et verts dans les espèces à embryon dicotylédoné; hypogés, sessiles, petits, épais et incolores dans les espèces à embryon homogène, excepté l'*A. apennina*, qui a des cotylédons épigés.

Les pétioles présentent une très légère concrescence à la base dans la plupart des espèces et forment ainsi un tube qui entoure les premières feuilles ([1]).

([1]) D'après M. de Jankzewski (*Revue générale de botanique*, n° 43, p. 292), les cotylédons de l'*A. sylvestris* n'auraient ni pétiole distinct, ni gaine. J'ai vu, au contraire, l'un et l'autre dans les plantules de cette espèce, comme l'avait déjà observé Irmisch. (*Botan. Zeitung*, 1886, p. 8.)

Dans l'*A. hortensis* et l'*A. coronaria*, la concrescence s'étend jusqu'à une hauteur plus ou moins grande. Les figures 94 à 97 montrent des coupes successives au-dessus du nœud cotylédonaire dans ces deux plantes. On y voit une cavité d'invagination, un épiderme externe et un épiderme interne (fig. 98). Vers sa base, le développement des premières feuilles produit deux déchirures, l'une à droite, l'autre à gauche (fig. 95). Dans l'*A. coronaria* (fig. 73), les pétioles sont concrescents dans toute leur longueur, de sorte que les deux limbes seuls sont distincts.

Dans l'*A. apennina*, le tube est déchiré d'un seul côté par le développement de la *fe*[1] ; les deux limbes cotylédonaires concrescents sont d'ailleurs rejetés latéralement, et le tube s'ouvre d'un seul côté pour s'étaler de l'autre en une lame parcourue par deux faisceaux (fig. 99 à 103). Au sommet de la concrescence, cette lame se divise en son milieu par un sillon dont l'épiderme fait suite à celui de la lame, et les deux limbes cotylédonaires se constituent (fig. 104).

Le massif libéro-ligneux LML qui parcourt chaque pétiole se trifurque vers le milieu ou le sommet de celui-ci.

La figure 105 représente un cotylédon d'*A. Pulsatilla* et la figure 106 un cotylédon d'*A. nemorosa* en forme de cuiller et à nervation très simple.

Mésophylle bifacial et stomates à la face externe seulement ou aux deux faces dans les cotylédons épigés. Parenchyme homogène et pas de stomates dans les cotylédons hypogés. Ni glandes à eau, ni poils, ni cristaux.

Premières feuilles. — Trois lobes plus ou moins découpés. Elles reçoivent trois faisceaux, sauf dans quelques espèces où la *fe*[1] et la *fe*[2] n'en reçoivent que deux (*A. pensylvanica*). La figure 107 montre la nervation de la *fe*[1] d'*A. apennina*.

Stomates à la face externe seulement ou aux deux faces. Pas de glandes à eau ni de cristaux, mais des poils unicellulaires, allongés, droits, un peu pointus et légèrement recourbés, naissant au milieu d'une rosace de cellules (fig. 108), plus ou moins nombreux sur les bords et à la face interne.

Racines. *Racine principale.* — Bi- ou tripolaire. Elle reste mince et se distingue alors difficilement des radicelles (*A. nemorosa, ranunculoides, trifolia*, etc.) ou s'épaissit (*A. palmata, rivularis*, etc.).

Racines adventives. — Trois ou quatre pôles.

Radicelles. — Deux ou trois pôles.

V. — GENRE *HEPATICA*.

L'*Hepatica triloba* a une germination très lente. La radicule sort de la graine en automne. Au printemps suivant, l'hypocotyle s'allonge et les cotylédons se montrent au-dessus du sol. La gemmule est alors entourée de deux ou trois feuilles pérulaires et complètement souterraine. La première feuille végétative (fe^3 ou fe^4) ne se développe que la troisième année (fig. 109). De nouvelles feuilles végétatives et de nouvelles feuilles pérulaires se développent les années suivantes, puis la plante fleurit.

Embryon. — Homogène, ovoïde, long de 0,17 millimètre et large de 0,12 millimètre.

Hypocotyle. — Très long, mince, souterrain.

Racines adventives au nœud cotylédonaire et le long de l'hypocotyle : elles aideront la tige principale à entrer en terre pour former un rhizome.

Endoderme avec plissements.

Région d'insertion : comme dans la Nigelle.

Cotylédons. — Limbe ovale. Pétioles très longs portant les limbes au-dessus du sol. Légère concrescence des pétioles à leur base. Un massif libéro-ligneux $\widehat{LML}$ dans toute l'étendue du pétiole. Stomates à la face externe seulement. Pas de poils. Nervation caractéristique (fig. 110).

Feuilles végétatives. — Trilobées. Trois faisceaux. Stomates à la face externe seulement. Aux deux faces et sur les bords : poils nombreux, très longs, minces, droits, naissant au centre d'une rosace de cellules (fig. 112). Pour la nervation de la fe^1, voir figure 111.

Racines. *Racine principale.* — Durable, mais reste mince. Bipolaire.

Racines adventives. — Deux, trois ou quatre pôles.

Radicelles. — Bi- ou tripolaires.

VI. — GENRE *ADONIS.*

La figure 113 représente une très jeune plantule d'*Adonis annua* et la figure 114 une plantule plus âgée d'*A. automnalis.* J'ai étudié aussi l'*A. flammea.*

Embryon. — Comme dans la Nigelle.

Hypocotyle. — De longueur moyenne, en partie souterrain. Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme avec plissements (*A. annua*) ou sans plissements (*A. automnalis* et *A. flammea*).

Cotylédons. — Épigés. Pétioles courts, parcourus par trois faisceaux, le massif $\widetilde{LML}$ donnant deux branches marginales à sa sortie. Légère concrescence des pétioles. Limbe longuement lancéolé, à nervures principales parallèles (fig. 115). Pas de stomates à la face interne.

Premières feuilles. — Lobes plus ou moins nombreux et plus ou moins découpés. Pas de stomates à la face interne. Dans l'*A. annua*, les deux premières feuilles reçoivent chacune un seul faisceau; les autres, trois. Dans les deux autres espèces étudiées, la fe^1 reçoit un faisceau; les autres, trois. Mêmes croisements des faisceaux latéraux à la sortie, même disposition des appendices, mêmes divergences foliaires que dans le *Nigella damascena* (comparer la figure 116 à la figure 67).

La figure 117 représente la feuille 2 de l'*Adonis automnalis.*

Tige principale. — Comme dans la Nigelle (comparer les figures 118 et 66).

Racines. *Racine principale.* — Elle reste prédominante et devient pivotante. Bipolaire. Pas de racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bi- ou tripolaires.

VII. — GENRES *MYOSURUS* ET *CERATOCEPHALUS*.

Ces petites plantes annuelles offrent un facies tout particulier et possèdent des caractères anatomiques communs.

J'ai figuré une plantule de *Myosurus minimus* et une plantule de *Ceratocephalus falcatus* (fig. 119 et 120).

Embryon. — Long de 0,2 millimètre et large de 0,11 millimètre dans le *Myosurus minimus*. La figure 121 montre la coupe transversale de la graine au niveau de l'hypocotyle; la figure 122, la coupe vers le bas de l'hypocotyle, et la figure 123, la coupe dans la moitié supérieure d'un cotylédon. Cet embryon est remarquable par sa petitesse et par le petit nombre de couches cellulaires dans le parenchyme cortical et le faisceau procambial. Dans le cotylédon, le procambium du faisceau n'est pas encore distinct.

Hypocotyle. — Très long, souterrain dans sa partie inférieure, persistant jusqu'à la mort de la plante, dont la végétation est d'ailleurs courte.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme à larges cellules, sans plissements.

Région d'insertion : comme dans le *Nigella*.

Cotylédons. — Les cotylédons épanouis sont d'abord fort petits; ils s'allongent ensuite jusque vers l'époque de la floraison et persistent jusqu'à la mort de la plante. Légère concrescence des pétioles à la base. Pétiole court et large. Limbe lancéolé. Parenchyme palissadique peu caractérisé. Cellules du mésophylle petites. Faisceaux étroits. Ni glandes à eau ni poils.

Dans le *Myosurus*, un seul faisceau $\widetilde{LML}$ dans le pétiole et le limbe constituant une nervure médiane unique (fig. 124). Stomates vers les bords seulement aux deux faces (fig. 125). Dans le *Ceratocephalus*, le faisceau se trifurque, puis chaque branche latérale se divise en deux, de sorte que le limbe est par-

couru par cinq nervures (*m*, L, M, L, *m*); ces nervures sont parallèles, sans ramifications ni anastomoses (fig. 126).

Premières feuilles. — Les feuilles, assez nombreuses, s'allongent jusqu'à l'époque de la floraison. Elles sont comme fasciculées au sommet de l'hypocotyle, parce que les premiers entre-nœuds de la tige sont presque nuls. Les feuilles 1 et 2 reçoivent un faisceau; la *fe* ^{3}, deux, et les autres, trois. Ni poils, ni glandes, ni cristaux.

Dans le *Myosurus*, les feuilles sont toutes lancéolées, linéaires et entières, et leur nervation est fort simple (fig. 127, *fe* ^{1}, et 128, *fe* ^{4}). Stomates aux deux faces, plus nombreux sur les bords.

Dans le *Ceratocephalus*, les trois ou quatre premières feuilles ont la même forme que dans le *Myosurus*, mais les suivantes sont bi- ou trilobées, à lobes entiers (fig. 129, *fe* ^{1}, et 130, *fe* ^{6}). Stomates à la face externe seulement.

Tige principale. — Elle reste d'abord très courte : une coupe dans le nœud cotylédonaire montre à la fois la sortie des faisceaux dans les cotylédons et les huit premières feuilles du *Myosurus* (voir la figure 131, dans laquelle les faisceaux médians foliaires sont seuls représentés). La tige s'allonge ensuite brusquement en un pédoncule uniflore. D'autres pédoncules apparaissent ensuite, comme bourgeons axillaires des feuilles.

Racines. *Racine principale.* — Bipolaire. Elle est grêle et ne porte que peu de radicelles ou pas du tout. Par contre, de nombreuses racines adventives fasciculées se forment au bas de l'hypocotyle, et il devient difficile alors de reconnaître la racine principale.

Radicelles. — Bipolaires.

Racines adventives. — Deux, trois ou quatre pôles

VIII. — GENRE *RANUNCULUS*.

M. Nihoul [1] a étudié spécialement le *Ranunculus arvensis.* De mon côté, j'ai examiné plusieurs autres espèces du genre. Les figures 132 à 141 représentent diverses plantules.

EMBRYON. — Dicotylédoné, long de 0,4 millimètre à 0,9 millimètre, large de 0,1 millimètre à 0,3 millimètre.

HYPOCOTYLE. — Assez long, en partie souterrain.

Racines adventives au nœud cotylédonaire et aux premiers nœuds de la tige dans beaucoup d'espèces (*Ranunculus cornutus*, fig. 132, *creticus*, fig. 134, *asiaticus*, fig. 135, *cherophyllos*, fig. 137, *muricatus*, fig. 140, *sceleratus*, fig. 141, *arvensis*.

Endoderme sans plissements.

Région d'insertion identique à celle du *Nigella damascena*, même chez les espèces marécageuses (*Ranunculus sceleratus*) ou aquatiques (*Ranunculus divaricatus*).

COTYLÉDONS. — Épigés. Ils sont reportés du même côté dans le *Ranunculus cherophyllos* (fig. 137) et le *Ranunculus asiaticus* (fig. 135).

Pétioles légèrement concrescents à leur base.

Limbe large, ovale ou cordé à la base, à nervation réticulée (*Ranunculus acris*, fig. 142; *Ranunculus muricatus*, fig. 146; *Ranunculus cornutus*, fig. 147; *Ranunculus chius, tuberosus, creticus*) ou petit et à nervation simplifiée, sans ramifications ni anastomoses (*Ranunculus sceleratus*, fig. 143; *Ranunculus cherophyllos*, fig. 144). Dans le *Ranunculus divaricatus*, les cotylédons sont particulièrement étroits et leur mésophylle est homogène et formé d'un petit nombre de grandes cellules, caractères en harmonie avec le genre de vie aquatique.

Ordinairement, un seul massif libéro-ligneux (LML) dans le

[1] ED. NIHOUL, *loc. cit.*

pétiole cotylédonaire. Parfois, les nervures marginales du limbe descendent jusqu'à la base du pétiole (fig. 147).

Ni poils, ni glandes à eau, ni cristaux.

Stomates aux deux faces.

Premières feuilles. — La fe^{1} est découpée en dents plus ou moins profondes (fig. 145, 148, 149). Elle est généralement plus petite et offre une forme et une nervation plus simples dans les espèces aquatiques (*Ranunculus sceleratus*, fig. 145). Elle reçoit un (*Ranunculus sceleratus*, *Ranunculus acris*, fig. 149), deux *Ranunculus cherophyllos*, fig. 148) ou trois faisceaux (*Ranunculus cornutus*, *creticus*, *asiaticus*, *muricatus*).

Les feuilles suivantes reçoivent généralement trois faisceaux.

Stomates aux deux faces.

Poils unicellulaires, simples, droits, effilés, raides ou flexibles; ils sont nombreux à la face interne et rares à la face externe dans le *Ranunculus tuberosus* (fig. 150) et le *Ranunculus chius*, très nombreux aux deux faces dans le *Ranunculus acris* et le *Ranunculus bulbosus*, rares et épars le long des nervures à la face externe du *Ranunculus arvensis*.

Racines. *Racine principale.* — Bipolaire. Chez la plupart des espèces, elle reste grêle et courte et se trouve supplantée par un grand nombre de racines adventives apparues au bas de l'hypocotyle. Dans les *Ranunculus tuberosus* (fig. 133), *cornutus* (fig. 132) et *creticus* (fig. 134), elle conserve toutefois assez longtemps une certaine prédominance sur les racines adventives, mais ne se renfle jamais en un pivot.

Racines adventives et radicelles. — Deux, trois ou quatre pôles.

IX. — GENRE *FICARIA*.

Embryon dans la graine mûre. — Au Jardin botanique de Liége, les étamines, dans toutes les fleurs du *Ficaria ranunculoides*, contiennent une certaine quantité de pollen normalement constitué. Un assez grand nombre de fleurs produisent une à cinq graines bien conformées, qui mûrissent dès la première quinzaine de mai. Les pédoncules fructifères étalés sur le sol se recourbent au sommet et enfoncent le fruit en terre.

L'embryon, placé au milieu d'une cavité creusée dans un albumen dur et abondant (fig. 151), est sphérique, très petit (0,15 millimètre de diamètre) et muni d'un suspenseur formé de quelques cellules (fig. 152). Il est constitué par un petit nombre de cellules, sans trace de différenciation (fig. 153, coupe transversale vers le tiers inférieur de l'embryon); en d'autres termes, il est homogène ou acotylédoné.

Marche de la germination. — La germination est très lente.

Des graines ont été semées au mois de mai 1896. Un à deux mois après le semis, l'embryon mesure 0,42 millimètre de longueur sur 0,32 millimètre de largeur, et commence à se différencier. Au-dessus de l'hypocotyle se trouve un organe arrondi, légèrement concave à sa face interne et affectant la forme d'une cuiller; cet organe représente les cotylédons (individu A de face, fig. 154, et de profil, fig. 155) (1).

Quatre mois environ après le semis, l'embryon s'est sensiblement développé. Il est deux fois plus long qu'au stade précédent, mais sa largeur est restée à peu près la même. L'organe cotylédonaire a rapproché ses bords et présente deux saillies à son sommet (individu B de face, fig. 156; de dos, fig. 157). A cette

(1) Les figures 154 à 159 ont été dessinées par M. H. Lonay, assistant de botanique à l'Université de Liége. Je le remercie vivement pour l'obligeance qu'il a mise à me les communiquer.

époque de la germination, le spermoderme est désorganisé et la graine réduite à son albumen blanchâtre. L'embryon subit ensuite un repos hivernal.

Vers le milieu de l'année suivante, l'embryon mesure 2,2 millimètres de longueur sur 0,5 millimètre de largeur à la hauteur de l'hypocotyle. L'organe cotylédonaire présente une partie inférieure rétrécie correspondant aux pétioles et une partie supérieure élargie représentant les limbes (individu C, fig. 158).

En automne, l'embryon s'est encore allongé (individu D, fig. 159), puis il subit un deuxième repos hivernal.

La plantule sort de terre au printemps suivant. Exceptionnellement, deux graines avaient développé leurs cotylédons dans l'air après le premier hiver.

La plantule comprend d'abord (individu E, fig. 160) :

1° Un hypocotyle assez court;

2° Deux cotylédons concrescents par leur pétiole et la majeure partie de leur limbe;

3° La racine principale.

Quelques jours plus tard, il apparait deux radicelles grêles insérées sur la racine principale à la limite inférieure de l'hypocotyle et une racine adventive insérée un peu en dessous du nœud cotylédonaire (fig. 161, individu F); cette racine reste courte et se tubérise de bonne heure; elle est couverte de longues papilles qui tombent plus tard.

Les cotylédons se flétrissent après une couple de mois, c'est-à-dire en mai, lorsque les plantes adultes perdent leurs feuilles et passent à l'état de vie latente : on ne trouve plus alors, en terre, qu'un petit tubercule.

D'ordinaire, la feuille 1 reste petite et souterraine l'année où s'épanouissent les cotylédons. Quatre fois sur un total de trente-cinq germinations, on a observé que la plantule développe la feuille 1 dans l'air la même année que les cotylédons (individu G, fig. 162).

Exceptionnellement aussi, on observe un hypocotyle portant les cotylédons concrescents et deux tubercules dont un vidé. Il se peut que la germination ait suivi, dans ce cas, la marche sui-

vante : développement de l'hypocotyle et formation d'une racine adventive tubérisée, les cotylédons restant toujours emprisonnés dans la graine; l'année suivante, développement des cotylédons aux dépens des réserves accumulées dans le tubercule, qui se vide, et apparition d'un second tubercule.

HYPOCOTYLE. *Structure vers le milieu.* — Dès les premiers mois après le semis (individu A) jusqu'au milieu de l'année suivante (individu C), l'hypocotyle présente un cylindre central à l'état procambial, un parenchyme cortical méatique et un épiderme à cuticule mince (figure 163, milieu de l'hypocotyle de l'individu A).

Vers l'automne de la même année (individu D), le liber commence à se différencier. Le bois, à son tour, se forme au printemps de l'année suivante (individu E) et comprend d'abord un certain nombre de trachées. A cette époque, l'endoderme est sans plissements (fig. 164). Plus tard, lorsque la racine adventive se tubérise (individu F), on trouve des pôles ligneux très larges, quelques éléments secondaires issus d'un cambium peu abondant, un liber peu développé, un endoderme plissé, un parenchyme cortical percé de très grandes lacunes (fig. 165) et un épiderme avec cuticule épaisse.

Structure dans la région d'insertion. — Deux mois après le semis (individu A), l'organe cotylédonaire est parcouru par un cylindre procambial qui s'insère sur celui de l'hypocotyle (fig. 167, coupe au-dessus du nœud cotylédonaire de l'individu A).

A l'époque où se développe la racine adventive (indiv. E, F), une coupe transversale dans le nœud cotylédonaire (fig. 168 et 169) montre :

1° L'insertion d'un bourgeon adventif sur un des pôles centripètes de l'hypocotyle;

2° L'insertion des faisceaux cotylédonaires marginaux de chaque côté de ce pôle (les faisceaux marginaux n'existent pas dans toutes les plantules) ;

3° L'insertion des faisceaux cotylédonaires L, M, L à l'autre

pôle (cette insertion se fait comme celles qui ont lieu aux deux pôles chez le *Nigella damascena*).

Deux coupes plus haut, on trouve (fig. 170) :

1° Le faisceau médian de la feuille 1 inséré sur le pôle centripète à l'opposé des faisceaux cotylédonaires L, M, L (à la place occupée par un cotylédon dans la Nigelle);

2° Les latéraux de la même feuille insérés sur les côtés de la lame centripète.

Cotylédons. *Forme, dimensions, nervation.* — Au printemps de la deuxième année après le semis (indiv. E et F), les deux limbes cotylédonaires concrescents par un de leurs bords affectent la forme d'une lame à sommet très élargi et échancré. Exceptionnellement, le limbe est trilobé (fig. 174), mais alors encore il semble présenter deux sommets organiques seulement.

Les pétioles concrescents mesurent 5 centimètres de longueur. Le limbe est long de 1 centimètre environ et large aussi de 1 centimètre vers son milieu.

La nervation est assez variable, mais avec un peu d'attention on trouve toujours dans chaque moitié du limbe cinq nervures principales : *m*, L, M, L, *m* (fig. 171, 172, 173, 174, 176, 177). Cette disposition des nervures et la bipartition du limbe à son sommet prouvent que le limbe est double et représente en réalité deux cotylédons soudés par un de leurs bords. D'ailleurs, la nervation du limbe dans le *Ficaria* diffère absolument de celle des cotylédons libres, bilobés au sommet. Pour en être convaincu, il suffit de comparer les figures précédentes avec la figure 178, qui représente la nervation d'un cotylédon de Radis.

Dans le cas où les deux nervures marginales voisines des bords du limbe double pénètrent dans le tube pétiolaire de la Ficaire, ce tube est parcouru par trois faisceaux dont le médian est formé par la réunion des nervures L, M, L, *m*, *m*, L, M, L (fig. 172, 174). Dans le cas contraire, le tube pétiolaire ne renferme qu'un massif libéro-ligneux, résultant de l'anastomose de toutes les nervures (fig. 171, 173, 175, 178). On en conclut que la concrescence des cotylédons du *Ficaria* n'a pas seulement lieu

par le rapprochement des bords dans la majeure partie du limbe et dans toute la longueur du pétiole, mais encore par la fusion des faisceaux eux-mêmes dans le pétiole.

Structure du pétiole. 1° *A la base.* — Les premières coupes à la base des pétioles concrescents dans l'embryon déjà un peu développé (C, D) et dans les plantules sorties de terre (E, F) montrent une cavité d'invagination garnie d'un épiderme interne et renfermant le sommet végétatif (fig. 175, 179, 180). Cette cavité n'existe pas pendant les premiers mois qui suivent le semis; le pétiole n'est pas encore distinct à cette époque, et la gemmule n'est pas encore développée.

Quelques coupes plus haut, la cavité d'invagination s'ouvre et l'épiderme interne s'exvagine (fig. 181, ind. C; fig. 182, plantule F; fig. 183, plantule G). Dans les plantules qui développent la feuille 1 la même année que les cotylédons (G), le tube pétiolaire est un peu distendu et déchiré à sa base du côté de cette feuille et au-dessous de son ouverture naturelle (fig. 184).

La différenciation libérienne commence à s'opérer dans le massif médian du tube pétiolaire pendant l'été de l'année qui suit le semis (C, fig. 185). Lorsque les plantules sortent de terre (E), ce massif, complètement différencié, présente une structure qui rappelle celle du *Nigella damascena* (fig. 186).

2° *Au milieu.* — La coupe transversale à ce niveau est circulaire, l'épiderme interne y étant complètement exvaginé (fig. 187). Au stade où la lame cotylédonaire s'épanouit (E), il existe une petite lacune derrière cet épiderme (fig. 187 et 188). Plus tard, à l'époque de la tubérisation de la racine adventive, les lacunes sont beaucoup plus grandes (fig. 189 et 190, F).

Au milieu du tube pétiolaire, le massif médian présente une structure normale (fig. 191, F).

Structure du limbe. — Deux mois après le semis, la coupe du limbe est réniforme; il est parcouru par une nervure à l'état procambial (fig. 198, A).

Dès l'année qui suit le semis, un sillon se forme du côté de l'épiderme interne vers le haut du tube pétiolaire (fig. 192, F), de sorte que la coupe reprend l'aspect qu'elle avait à la base du

pétiole. D'abord, les deux parties séparées par le sillon restent presque accolées l'une à l'autre (fig. 193 et 194, D). Plus tard, la lame s'étale et s'allonge (fig. 195 et 196, F).

Les coupes successives dans le haut du tube pétiolaire de la plantule F représentées par les figures 192, 195 et 196 correspondent à divers niveaux indiqués dans la figure 174.

Vers le sommet du limbe, au niveau des deux lobes, la coupe montre deux lames dans le prolongement l'une de l'autre (fig. 197, F).

Lorsque le limbe cotylédonaire est adulte, on y trouve un parenchyme palissadique à une seule assise, un parenchyme spongieux à trois couches et des stomates aux deux faces (fig. 199, F; fig. 200, épiderme externe).

Premières feuilles. — La *fe*[1] est visible par transparence à travers la base du tube cotylédonaire dans les jeunes plantules (fig. 160 et 161). Elle reste ainsi longtemps cachée sous terre. Son faisceau médian est protégé par un arc de cellules sclérifiées adossées au liber (fig. 201). Dans les plantules qui forment cette feuille l'année même de l'apparition des cotylédons, les faisceaux sont naturellement plus gros et non protégés par du sclérenchyme (fig. 202).

La figure 203 représente la forme et la nervation de la feuille 1.

Racines. *Racine principale.* — Une coupe transversale dans l'extrémité inférieure de l'embryon deux mois après le semis (A) montre la structure ordinaire : à la périphérie les cellules de la coiffe, au centre les initiales de cette coiffe.

Les figures 204 et 205 représentent respectivement l'ensemble et les détails d'une racine à l'époque où les cotylédons sont épanouis. Faisceau bipolaire. Endoderme avec plissements.

Radicelles. — Les deux radicelles signalées plus haut s'insèrent sur les pôles du bois centripète de la racine principale (fig. 206 et 207).

Racines adventives. — La racine adventive tubérisée prend naissance à la base d'un bourgeon adventif inséré au-dessous du

nœud cotylédonaire, du côté de la feuille 1. Son cylindre central s'attache sur le faisceau du bourgeon, comme on le voit dans la figure 208, qui représente cette région vue par transparence après éclaircissement par la potasse.

Faisceau à quatre pôles. Endoderme avec plissements. Parenchyme cortical très développé produisant la tubérisation. Assise pilifère (fig. 209 et 210).

Dans les plantules qui développent la feuille 1 la même année que les cotylédons, il existe une seconde racine adventive qui est allongée, non tubérisée, bipolaire, insérée un peu en dessous du bourgeon adventif (fig. 162; fig. 211, coupe transversale en dessous de l'insertion du bourgeon adventif dans la plantule G : on y voit, outre l'insertion de la racine adventive non tubérisée sur un des pôles de l'hypocotyle, la coupe de la racine tubérisée).

X. — GENRE *CALTHA*.

Une plantule de *Caltha palustris* est représentée fig. 212.

Embryon. — Dicotylédoné.

Hypocotyle. — De longueur moyenne, en partie souterrain.
Racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme avec plissements.
Région d'insertion : comme dans le *Nigella*.

Cotylédons. — Épigés. Pas de concrescence. Un seul massif libéro-ligneux dans toute l'étendue du pétiole. La figure 213 montre les caractères extérieurs d'un cotylédon et sa nervation, qui est assez simple (trois nervures L, M, L et quelques faibles ramifications). Stomates aux deux faces. Glande à eau au sommet.

Premières feuilles. — Elles présentent une gaine qui enveloppe les feuilles plus jeunes et dont l'ouverture permet à celles-ci de s'épanouir (fig. 214, coupe dans le bourgeon terminal; fig. 214*bis*, ouverture de la gaine de la *fe* [1]).

La figure 215 représente la forme et la nervation de la feuille 1. Stomates aux deux faces. Glande à eau au sommet des créneaux.

Racines. *Racine principale*. — Bipolaire. Reste prédominante assez longtemps. Quelques racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires.

Racines adventives. — Trois ou quatre pôles.

XI. — GENRE *TROLLIUS.*

J'ai représenté (fig. 216) une jeune plantule de *Trollius europaeus.*

Embryon. — Dicotylédoné, long de 0,5 millimètre et large de 0,2 millimètre. Les figures 217 à 219 représentent respectivement la coupe de la graine à la hauteur des cotylédons, le milieu de l'hypocotyle avec son faisceau procambial et un cotylédon dont le faisceau procambial, au contraire, n'est pas distinct. Cette différence de structure, que j'ai observée aussi dans le *Myosurus* (fig. 122 et 123), est une preuve nouvelle de l'indépendance des faisceaux cotylédonaires par rapport au faisceau de l'hypocotyle.

Hypocotyle. — De longueur moyenne, en partie souterrain.
Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme avec plissements.
Région d'insertion : comme dans le *Nigella.*

Cotylédons. — Épigés. Concrescence des pétioles à leur base sur une longueur de 2 millimètres. Un seul faisceau dans toute l'étendue du pétiole. Pas de stomates à la face interne. Pas de glandes à eau. Nervation semblable à celle du *Caltha* (fig. 220).

Premières feuilles. — Elles possèdent une gaine close (fig. 221) et reçoivent trois faisceaux. Feuille 1 trilobée (fig. 222). Pas de stomates à la face interne. Pas de poils ni de glandes à eau.

Racines. — Comme dans le *Caltha.*

XII. — GENRE *ERANTHIS.*

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les plantules d'*Eranthis hiemalis* ne sortent de terre que la deuxième année. Elles comprennent alors une racine principale filamenteuse, un tubercule formé par l'hypocotyle et la base de la racine principale, des cotylédons à pétioles longs de 5 centimètres, concrescents dans toute leur longueur (fig. 223), et un bourgeon au sommet du tubercule. Les feuilles 1 et 2 sont à l'état d'écailles pérulaires.

La troisième année, la *fe*^{3}, à limbe palmatilobé, à pétiole long de 7 centimètres, s'échappe du bourgeon (fig. 224); celui-ci est muni de nouvelles écailles représentant les feuilles 4 et 5. La racine principale filamenteuse est alors en grande partie détruite et plusieurs radicelles se sont développées sur le tubercule. Celui-ci est surmonté d'organes membraneux représentant les débris des cotylédons et les feuilles écailleuses. Pas de racines adventives.

La quatrième année, une nouvelle feuille végétative sort du bourgeon pérulé qui a passé l'hiver, et ainsi de suite jusqu'à ce que la plante fleurisse.

STRUCTURE.

A. — *Embryon.*

L'embryon de l'*Eranthis hiemalis* est homogène, presque sphérique, extrêmement petit (0,12 millimètre sur 0,09 millimètre) et muni d'un suspenseur assez long (fig. 225). Il est logé comme d'ordinaire dans une cavité de l'albumen. Des coupes transversales dans le suspenseur et dans le corps même de l'embryon sont représentées respectivement par les figures 226 et 227.

B. — *Plantules la deuxième année.*

Racine principale filamenteuse. — Bipolaire (fig. 228).

Portion tubérisée. — Une coupe transversale à la base du tubercule montre du centre à la circonférence (fig. 229 à 232) :

1° Deux pôles centripètes;

2° Deux massifs de bois secondaire;

3° Une zone cambiforme ovale ayant produit du tissu fondamental secondaire externe et du tissu fondamental secondaire interne;

4° Deux massifs libériens;

5° Un endoderme;

6° Un parenchyme cortical dont les cellules se sont recloisonnées activement pour suivre l'accroissement de l'organe;

7° Une assise pilifère.

On voit d'après cette structure que la partie inférieure du tubercule correspond à la racine.

Vers le milieu de la portion tubérisée, le bois secondaire s'est écarté du bois primaire (fig. 233).

Dans la partie supérieure du tubercule, les faisceaux cotylédonaires se mettent en contact avec les pôles centripètes très écartés l'un de l'autre à ce niveau (fig. 234 et 235). Comme dans le *Nigella*, on trouve un faisceau cotylédonaire médian en face des pôles centripètes et deux latéraux sur les côtés de ces pôles.

Plus haut encore, le bois centripète est éteint, tandis que les trois faisceaux de chaque cotylédon sont presque fusionnés et se disposent à sortir : c'est le nœud cotylédonaire (fig. 236).

Les parties moyenne et supérieure de la portion tubérisée correspondent donc à l'hypocotyle.

Cotylédons. — Au sommet du tubercule, la coupe traverse le sommet végétatif et montre (fig. 237) :

1° Le tube cotylédonaire avec sa cavité d'invagination;

2° Deux feuilles rudimentaires sans faisceau (*fe*[1] et *fe*[2]);

3° Le méristème primitif de la tige principale.

Le niveau où le tube est ouvert se trouve quelques coupes plus haut (fig. 238). Puis l'épiderme interne s'exvagine et la coupe prend une forme circulaire (fig. 239 et 240).

Les pétioles concrescents sont creusés en certains endroits d'une grande lacune centrale (fig. 241 et 245) et parcourus par les deux massifs $\widetilde{LML}$. Vers la base de la gaine, l'épiderme, plus ou moins mortifié et pourvu d'une cuticule mince, offre l'apparence d'une assise pilifère (fig. 242). Il présente les caractères ordinaires à un niveau un peu plus élevé (fig. 243 et 244).

La figure 246 représente ces particularités sur une coupe longitudinale schématique. Cette figure indique les niveaux respectifs des figures 237 à 245.

Les deux faisceaux centrifuges de la figure 243 se divisent et s'anastomosent vers le sommet des pétioles, en même temps qu'apparait un sillon étroit bordé d'un épiderme qui fait suite à celui de la partie convexe : il se constitue ainsi deux limbes cotylédonaires parcourus à leur base par trois nervures (fig. 247, 248, 249). Il arrive dans certains individus que la coupe des pétioles concrescents, au lieu de rester circulaire jusqu'à la base des limbes, prend vers le haut de la gaine l'aspect d'une lame qui s'allonge de plus en plus à mesure que l'on monte (fig. 250, *a*, *b*, *c* et *d*), comme dans l'*Anemone apennina*. Ce fait est la preuve que la coupe circulaire a en réalité deux faces, l'une recouverte par l'épiderme externe, l'autre par l'épiderme interne exvaginé du tube cotylédonaire.

Pas de stomates à la face interne. Ni poils, ni glandes, ni cristaux.

La figure 251 représente les divisions et les anastomoses des faisceaux dans le haut de la gaine, la forme extérieure des limbes cotylédonaires et leur nervation. On remarquera que les faisceaux L et L se détachent des massifs $\widetilde{LML}$ vers le tiers inférieur des limbes. Les niveaux correspondant à ceux de la figure 250 ont été indiqués dans la figure 251.

Il est fort instructif de comparer la nervation des cotylédons de l'*Eranthis* avec celle de l'organe cotylédonaire double du

Ficaria. Que l'on suppose les deux limbes cotylédonaires du premier soudés presque jusqu'au sommet par les bords qui se regardent, et l'on obtiendra le cotylédon double du second et sa nervation.

C. — *Plantules la troisième année.*

Une coupe transversale dans le sommet végétatif de la plantule pendant la troisième année montre les débris des cotylédons, les deux feuilles écailleuses déjà remarquées au stade précédent (*fe* 1 et 2), le pétiole de la *fe*[3] sortie de terre, les feuilles 4 et 5, rudimentaires, le méristème primitif (fig. 252).

FEUILLE 3. — Elle reçoit trois faisceaux. Son pétiole est long de 7 centimètres.

Pas de stomates à la face interne.

Forme et nervation représentées par la figure 253.

XIII. — GENRE *HELLEBORUS.*

J'ai représenté (fig. 254) une plantule d'*Helleborus fœtidus.*

Embryon. — Dicotylédoné, long de 0.5 millimètre et large de 0.25 millimètre. J'ai figuré des coupes dans le milieu de l'hypocotyle (fig. 255), le nœud cotylédonaire (fig. 256) et les cotylédons séparés par une couche d'albumen (fig. 257).

Hypocotyle. — Long, partiellement aérien.
Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme sans plissements.
Région d'insertion : comme dans le *Nigella.*

Cotylédons. — Épigés. Pas de concrescence. Le pétiole ne reçoit de l'hypocotyle que le massif $\widetilde{LML}$, mais les nervures marginales descendent jusqu'à sa base. Pour la forme extérieure et la nervation du limbe, voir la figure 258.

Au sommet des cotylédons, il existe une glande à eau sous l'épiderme interne. Cet épiderme porte quelques stomates aquifères sur la région occupée par la glande; ailleurs, il est dépourvu de stomates aérifères (fig. 259). Ceux-ci existent au contraire en grand nombre sur l'épiderme externe (70 par millimètre carré), sauf au sommet (fig. 260 et 261).

Premières feuilles. — Elles sont trilobées, finement dentées et reçoivent trois faisceaux. Pas de stomates à l'épiderme interne, sauf sur la glande à eau (fig. 262), surmontée de six stomates aquifères. Stomates très nombreux à la face externe.

Racines. *Racine principale.* — Vigoureuse et pivotante. Bipolaire. Pas de racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bi- ou tripolaires.

XIV. — GENRE *GARIDELLA*.

Une plantule de *Garidella nigellastrum* est représentée par la figure 264.

Embryon. — Comme dans le *Nigella*.

Hypocotyle. — Longueur moyenne, en partie souterrain.
Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme avec de légers plissements.
Région d'insertion : comme dans le *Nigella*.

Cotylédons. — Épigés. Pas de concrescence. Stomates aux deux faces. Pas de glande à eau. La figure 263 montre la forme extérieure d'un cotylédon et sa nervation.

Premières feuilles. — La *fe* [1] a trois lobes simples et reçoit deux faisceaux dont l'un se bifurque en sortant. Son pétiole est long de 2 centimètres. Stomates aux deux faces. Pas de glandes à eau. Pour la nervation, voir la figure 265.

Les autres feuilles ont trois lobes plus ou moins divisés et reçoivent trois faisceaux.

Racines. *Racine principale.* — Vigoureuse et pivotante. Bipolaire. Pas de racine adventive à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires.

XV. — GENRE *NIGELLA*.

J'ai étudié des plantules de *Nigella sativa*, *N. ciliaris*, *N. hispanica*, *N. arvensis* et *N. orientalis*. Les figures 266 et 267 représentent respectivement ces deux dernières espèces. Toutes présentent les mêmes caractères essentiels que le *N. damascena*, sauf que l'espèce *hispanica* possède un endoderme à plissements. La figure 268 montre la forme extérieure et la nervation d'un cotylédon de *N. arvensis*.

XVI. — GENRE *AQUILEGIA*.

J'ai étudié spécialement l'*Aquilegia vulgaris* dont la figure 269 représente une plantule.

Embryon. — Comme dans le *Nigella damascena*.

Hypocotyle. — Court, en partie souterrain. Il se renfle en tubercule.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme sans plissements.

Le parenchyme cortical se décortique de bonne heure (fig. 270).

Région d'insertion : comme dans le *Nigella*.

Cotylédons. — Épigés. Pas de concrescence. Pas de stomates à la face interne. Pas de glandes à eau. Un faisceau dans toute la longueur du pétiole (¹). Pour la forme extérieure et la nervation, voir figure 271.

Premières feuilles. — Elles reçoivent trois faisceaux. Pas de stomates à la face interne. La figure 272 représente la forme et la nervation de la fe^1.

Racines. *Racine principale*. — Vigoureuse et pivotante. Bipolaire. Pas de racine adventive à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires.

(¹) M. Dangeard (*Le Botaniste*, 1re série, 1889) dit que le pétiole du cotylédon de l'*Aquilegia* renferme deux faisceaux latéraux et que ces faisceaux contractent une anastomose d'un cotylédon à l'autre dans une courte gaine cotylédonaire avant de pénétrer ensemble dans l'hypocotyle. Je n'ai rien observé de semblable.

XVII. — GENRE *ISOPYRUM*.

La figure 273 représente une plantule d'*Isopyrum fumaroides*.

Embryon. — Dicotylédoné, long de 0,3 millimètre, large de 0,14 millimètre.

J'ai représenté la coupe de la graine au niveau des cotylédons (fig. 274) et la coupe de l'hypocotyle (fig. 275).

Hypocotyle. — Long, en partie souterrain.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme sans plissements.

Région d'insertion : comme dans le *Nigella damascena*.

Cotylédons. — Épigés, cordés et longuement pétiolés. Pas de concrescence. Un seul faisceau dans le pétiole. Stomates à la face externe seulement. Pour la nervation, voir figure 276.

Premières feuilles. — Trois ou cinq lobes. Stomates à la face externe seulement. Pour la nervation, voir figure 277.

Racines. *Racine principale.* — Bipolaire. Vigoureuse et pivotante. Pas de racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires.

XVIII. — GENRE *DELPHINIUM*.

M. Lenfant [1] a étudié quatre espèces de ce genre : deux annuelles, le *D. Ajacis* et le *D. consolida*; une bisannuelle, le *D. Staphysagria*, et une vivace, le *D. elatum*. De mon côté, j'ai fait un examen détaillé du *D. nudicaule* (fig. 278).

EMBRYON. — Dicotylédoné, long de 0,9 millimètre à 1 millimètre, large de 0,3 millimètre à 0,4 millimètre. Cotylédons séparés l'un de l'autre par une couche d'albumen dans les espèces étudiées par M. Lenfant. Ceux du *D. nudicaule* ne présentent pas ce caractère.

La figure 279 montre une coupe transversale dans l'hypocotyle de l'embryon de cette dernière espèce. Un peu au-dessus du méristème primitif de la tige principale, sur une épaisseur de deux ou trois coupes, on remarque une concrescence entre les pétioles cotylédonaires (fig. 280). Dans la coupe suivante, la cavité d'invagination s'ouvre et les deux limbes se constituent (fig. 281).

HYPOCOTYLE. — Court, en partie souterrain.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme sans plissements.

Décortication précoce du parenchyme cortical (fig. 282).

Région d'insertion : comme dans le *Nigella damascena*. Elle est plus courte dans le *D. elatum* que dans les autres espèces. J'ai représenté deux coupes dans le nœud cotylédonaire du *D. nudicaule* (fig. 283 et 284).

COTYLÉDONS. — Épigés. Limbe ovale. Pétioles longs, non concrescents dans certaines espèces (*D. Ajacis*), concrescents à leur base sur une longueur de 1 centimètre environ dans d'autres (*D. elatum*), concrescents dans toute leur longueur

[1] C. LENFANT, *Contribution à l'anatomie des Renonculacées. Le genre Delphinium.* (MÉMOIRES DE LA SOC. ROY. DES SC. DE LIÉGE, 2e sér., t. XIX, 1896.)

ainsi que par la base du limbe dans le *D. nudicaule*. Un seul faisceau dans le pétiole cotylédonaire. Nervation : une nervure médiane, deux latérales et deux marginales détachées de la base du limbe, et de très fines nervures anastomosées. Glande à eau. Stomates à la face externe seulement.

La figure 284 montre le tube cotylédonaire du *D. nudicaule*. Il se déchire plus haut de chaque côté pour laisser sortir les feuilles 1 et 2 (fig. 285 et 286). A un niveau plus élevé, le tube est de nouveau fermé; la cavité d'invagination est tellement réduite à ce niveau que les couches d'épiderme qui la bordent de chaque côté sont presque accolées l'une à l'autre (fig. 287 et 288). Vers le sommet des pétioles, la cavité d'invagination s'agrandit (fig. 289 et 290) et, à la base du limbe, les massifs libéro-ligneux se divisent (fig. 291), puis les deux limbes se séparent (fig. 292). Il y a donc une différence au point de vue de la concrescence des cotylédons entre le *Delphinium nudicaule* d'une part, le *Ficaria* et l'*Eranthis* d'autre part. D'un côté, la concrescence se fait par les deux bords, et la sortie des feuilles provoque une déchirure de chaque côté à la base du tube cotylédonaire. De l'autre, il y a concrescence par un bord, et les premières feuilles peuvent sortir sans provoquer de déchirure. On rencontre aussi ces deux modes de concrescence dans le genre *Anemone* (p. 34).

M. Massart [1] a observé que dans le *D. nudicaule* un cotylédon peut être plus petit que l'autre et même manquer complètement, du moins extérieurement.

De son côté, M. Lenfant a rencontré des plantules de *D. Ajacis* dont l'un des cotylédons est bilobé, ainsi que des plantules à trois cotylédons. Dans les premières, le massif médian dans le pétiole du cotylédon bilobé se divise en deux faisceaux qui se rendent dans chaque moitié du limbe. Dans les secondes, le faisceau de l'hypocotyle est bipolaire — et alors l'un des deux massifs cotylédonaires se bifurque — ou tripolaire, et alors l'in-

[1] J. Massart, *La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale*. (Bull. Soc. botanique de Belgique, 1894.)

sertion des cotylédons se fait directement sur les pôles de l'hypocotyle, comme dans certains individus de *Clematis viticella*.

Premières feuilles. — Elles reçoivent trois faisceaux, sauf dans le *D. Ajacis* et le *D. consolida*, où la feuille 1 en reçoit un ou deux, et la feuille 2, deux ou trois ; les autres feuilles du *D. Ajacis* reçoivent trois, quatre et même six faisceaux. Glandes à eau au sommet des dents. Stomates à la face externe seulement. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés, aux deux faces dans le *D. Ajacis*, le *D. consolida* et le *D. elatum*. Poils unicellulaires, simples, droits, effilés, et poils ventrus à la base dans le *D. Staphysagria*.

Lorsque les premières feuilles du *D. nudicaule* viennent de sortir du tube cotylédonaire, elles sont enfouies sous terre, mais elles se recourbent bientôt dans la partie supérieure du pétiole. Nous avons signalé un fait de nutation semblable dans l'*Anemone hortensis* (p. 32).

Racines. *Racine principale.* — Bipolaire. Vigoureuse et pivotante. Décortication précoce du parenchyme cortical. Pas de racines adventives à sa limite supérieure. Dans le *D. elatum*, elle se contracte longitudinalement et enterre la base de la tige principale.

Radicelles. — Ordinairement bipolaires, quelquefois tripolaires. Productions secondaires peu développées. Parenchyme cortical persistant.

XIX. — GENRE *ACONITUM*.

J'ai étudié spécialement l'*Aconitum uncinatum* (fig. 293), l'*A. napellus*, l'*A. volubile* (fig. 294) et l'*A. stoerkianum* (fig. 295).

Embryon. — Dicotylédoné, long de 0,9 millimètre et large de 0,5 millimètre.

Hypocotyle. — De longueur moyenne, épais, souterrain à sa base. Il se renfle et se tubérise dans plusieurs espèces.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme sans plissements.

Région d'insertion : comme dans le *Nigella damascena*.

Cotylédons. — Épigés, très développés, à pétioles très longs dans l'*A. volubile* et surtout dans l'*A. stoerkianum*. Pas de concrescence. Stomates à la face externe seulement. Quelques poils claviformes sur les bords. Pas de glande à eau. Pétiole parcouru par un seul massif libéro-ligneux. La figure 296 montre la forme extérieure et la nervation d'un cotylédon d'*A. uncinatum*.

Premières feuilles. — Elles reçoivent trois faisceaux. Pas de stomates à la face interne. Nombreux poils claviformes et nombreux poils pointus et recourbés sur les bords de la face interne (fig. 297). Pas de glande à eau. La figure 298 représente la forme extérieure et la nervation de la feuille 1 de l'*A. uncinatum*. On remarque à la base du limbe une nervure médiane, deux latérales et deux marginales.

Racines. *Racine principale.* — Vigoureuse et pivotante. Bipolaire ou tripolaire. Elle s'épaissit dans beaucoup d'espèces au contact de l'hypocotyle. Pas de racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Deux ou trois pôles.

XX. — GENRES *ACTÆA* ET *CIMICIFUGA*.

La figure 299 représente une plantule de *Cimicifuga racemosa*. J'ai également étudié l'*Actaea spicata*.

Embryon. — Dicotylédoné. Même structure que dans le *Nigella damascena*.

Hypocotyle. — Court, en partie souterrain.
Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.
Endoderme avec plissements.
Région d'insertion : comme dans le *Nigella*.

Cotylédons. — Épigés. Pas de concrescence. Pétioles plus courts dans le *Cimicifuga* que dans l'*Actaea*. Limbe légèrement mucroné. Pas de stomates à la face interne. Pas de glandes à eau. Poils claviformes et poils cylindriques et recourbés, sur les bords du limbe (fig. 300), les premiers beaucoup plus nombreux que les seconds, tous plus nombreux chez l'*Actaea spicata* que dans le *Cimicifuga racemosa*. Un seul massif dans le pétiole, sauf vers le haut où il y a trois faisceaux (*m*, $\widehat{\text{LML}}$, *m*). Vers la base du limbe, cinq fortes nervures (*m*, L, M, L, *m*). La figure 301 représente la forme extérieure et la nervation d'un cotylédon de *C. racemosa*.

Premières feuilles. — La feuille 1 est dentée ou trilobée ; elle ne reçoit qu'un faisceau. Les autres feuilles reçoivent trois faisceaux. Pas de stomates à la face interne. Pas de glandes à eau. Poils de deux sortes sur les bords et sur les nervures de la face externe de l'*Actaea spicata*, sur les bords seulement du *Cimicifuga racemosa*.

Racines. *Racine principale*. — Forte et pivotante. Bipolaire. Racines adventives à sa limite supérieure.
Radicelles. — Bipolaires.
Racines adventives. — Deux ou trois pôles.

XXI. — GENRE *PÆONIA*.

La figure 302 montre une plantule de *Paeonia officinalis* au printemps de l'année qui suit le semis.

EMBRYON. — Dicotylédoné, plus gros que dans les autres Renonculacées (2 mill. sur 0,75 mill. dans le *P. officinalis*). Sa structure est représentée par les figures 303 à 306 (fig. 303 : coupe longitudinale; fig. 304 : hypocotyle; fig. 306 : nœud cotylédonaire; fig. 305 : cotylédon).

La première année, l'embryon s'accroit en se nourrissant des réserves de l'albumen et forme une gemmule. Il n'envoie hors de la graine que la radicule.

HYPOCOTYLE. — Court et souterrain, caractères en rapport avec la situation hypogée des cotylédons.

Pas de racines adventives au nœud cotylédonaire.

Endoderme avec plissements (fig. 307, milieu de l'hypocotyle de la plantule représentée par la fig. 302).

Épiderme à cuticule mince, disjoint à la suite de l'accroissement considérable de l'axe et présentant l'apparence d'une assise pilifère (fig. 308).

Région d'insertion (fig. 309) : comme dans le *Nigella*. Au niveau de cette région, l'épiderme présente les caractères ordinaires (fig. 310).

COTYLÉDONS. — Hypogés. Les pétioles sont assez longuement concrescents à la base; toutefois, les premières feuilles ne déchirent pas le tube cotylédonaire.

Les cotylédons ont uniquement pour fonction d'absorber les réserves d'un albumen particulièrement abondant, au profit de la gemmule et des premières feuilles. Leurs caractères sont en harmonie avec cette fonction. On n'y trouve, en effet, ni chlorophylle, ni stomates, ni cuticule, ni glandes à eau; leurs cellules sont gorgées d'amidon; leur limbe est peu développé et leur nerva-

tion simplifiée (fig. 311); enfin, leur mésophylle est homogène et composé de cellules plus ou moins régulièrement disposées en rangées et plus grandes à mesure que l'on s'approche du centre de la coupe ([1]) (fig. 312).

PREMIÈRES FEUILLES. — Elles prennent naissance sous terre, par suite du mode de germination.

Elles sont trilobées et reçoivent trois faisceaux.

RACINES. *Racine principale.* — Bipolaire. Pivotante. Pas de racines adventives à sa limite supérieure.

Radicelles. — Bipolaires.

([1]) Dans certains embryons monocotylédonés, entre autres le Palmier, figuré par Sachs, et le *Tradescantia*, étudié par M. Gravis (*loc. cit.*), l'adaptation du cotylédon à la fonction de suçoir est beaucoup mieux marquée : le limbe est rudimentaire et pourvu de papilles absorbantes.

TROISIÈME PARTIE

RÉSUMÉ, HISTORIQUE ET CONCLUSIONS

I. — EMBRYON.

L'embryon des Renonculacées est droit et logé dans un albumen abondant et dur. Il est dicotylédoné, sauf dans l'*Anemone nemorosa*, l'*A. trifolia*, l'*A. ranunculoides*, l'*A. apennina*, l'*Hepatica triloba*, le *Ficaria ranunculoides* et l'*Eranthis hiemalis*, qui possèdent un embryon acotylédoné, homogène.

A. EMBRYON DICOTYLÉDONÉ. — L'embryon dicotylédoné est long de 0,2 millimètre à 2 millimètres et large de 0,1 à 0,75 millimètre. On y distingue quatre parties :

1° La *radicule*, depuis le suspenseur jusqu'au niveau où l'épiderme se dédouble tangentiellement (collet superficiel). Son cylindre central est à l'état procambial et renferme inférieurement le tissu générateur du faisceau de la racine principale.

2° L'*hypocotyle*, depuis le collet superficiel jusqu'au nœud cotylédonaire.

3° Le *méristème primitif de la tige principale*, au-dessus de l'hypocotyle. Il est nu, c'est-à-dire qu'on n'y trouve pas de trace de gemmule.

4° *Deux cotylédons*, le plus souvent appliqués l'un contre l'autre, séparés par une mince couche d'albumen dans quelques genres (*Delphinium*, *Helleborus*) ; ce dernier caractère ne s'observe pas toutefois dans le *Delphinium nudicaule*. Leur surface est parallèle aux faces latérales de la graine.

B. Embryon acotylédoné. — L'embryon acotylédoné est extrêmement petit (0,12 à 0,22 millimètre sur 0,07 et 0,16 millimètre), ovoïde ou sphérique. Il ne présente ni différenciation externe ni différenciation interne. Il se compose d'un certain nombre de cellules semblables à parois minces, sans méats.

Déjà en 1837, A. de Saint-Hilaire (1) admettait l'homogénéité de certains embryons. En 1866, M. Van Tieghem (2) reconnut que l'embryon de la graine mûre de *Ficaria* est constitué par « une petite masse sphérique... divisée en un grand nombre de cellules ». De son côté, M. de Janczewski (3) a observé un embryon acotylédoné dans plusieurs espèces du genre *Anemone*.

(1) A. de Saint-Hilaire, *Mémoire sur les Myrsinées, les Sapotées et les embryons parallèles au plan de l'ombilic*, présenté à l'Académie des sciences le 18 avril 1837.

(2) Van Tieghem, *Observations sur la Ficaire.* (Ann. des Sc. nat., Botanique, t. V, 1866.)

(3) De Janczewski, *Études morphologiques sur le genre Anémone.* (Rev. gén. de botanique, nos 42 et 43, 1892.)

II. — HYPOCOTYLE. COLLET SUPERFICIEL. COLLET INTERNE.

Le mot *collet* a été introduit dans la science pour désigner la limite entre la racine et la tige. Mais des opinions très diverses ont été émises quant à la situation et aux caractères de cette limite.

En 1786, Lamarck [1] appela *collet de la racine* « l'extrémité supérieure de la racine des plantes », c'est-à-dire « la partie de la racine qui est réunie avec la tige lorsque le végétal en est pourvu ». Dans les plantes sans tige, « les feuilles et les pédoncules des fleurs naissent immédiatement au collet de la racine ».

A. Pyr. de Candolle [2], Meyen [3] et A. de Saint-Hilaire [4] ne savent pas exactement où placer le collet. Pour les deux premiers, c'est une partie mystérieuse de l'organisation qui est plutôt la juxtaposition de deux organes qu'un organe proprement dit. Pour le troisième, « le collet se reconnaît surtout dans la jeunesse de la plante, à une différence de grosseur entre la tige et la racine, mais plus souvent il est impossible de déterminer avec une parfaite précision où il se trouve placé. » Tous les trois admettent cependant que le collet est situé plus bas que les cotylédons.

D'autres botanistes appelèrent collet le point d'attache des cotylédons (Gaertner, L.-C. Richard, Correa, Mirbel [5], etc.).

En 1849, Clos [6] reconnut que le collet occupe « toute la portion de l'axe comprise entre les cotylédons et la base de la racine désignée elle-même par le lieu où commencent à se mon-

(1) LAMARK, *Encyclopédie méthodique. Botanique,* 1786.

(2) A. PYR. DE CANDOLLE, *Mémoire sur les Légumineuses,* t. II.

(3) MEYEN, *Pflanzen Physiologie,* III.

(4) A. DE SAINT-HILAIRE, *Leçons de botanique,* 1840.

(5) D'après DE CANDOLLE, *loc. cit.*

(6) CLOS, *Du collet dans les plantes.* (ANN. SC. NAT., BOTANIQUE, 3e série, t. XIII, 1849.)

trer les rangs réguliers et symétriques des radicelles. Cette nouvelle définition du collet s'appuie sur ce qu'on peut lui assigner des caractères parfaitement tranchés, tirés de sa conformation extérieure et souvent aussi de son organisation interne..... C'est dans le collet que commence la moelle. C'est aussi dans le collet que les faisceaux fibro-vasculaires descendent de la tige... »

Le double mérite de Clos est d'avoir reconnu le premier que le collet n'est pas un plan, mais une région, et d'avoir introduit l'idée de le distinguer par ses caractères anatomiques.

En 1871, Dodel (1) étudie le « passage » dans le genre *Phaseolus* et signale la division des faisceaux vasculaires radicaux en passant dans la tigelle.

Partageant l'avis de Clos, M. Prillieux (2) admet une zone de transition plus ou moins étendue dans laquelle on retrouve les caractères anatomiques soit de la racine, soit de la tige.

Pour M. Van Tieghem (3), le collet est « la ligne circulaire qui sépare les deux surfaces (la surface de la tige et la surface de la racine). Dès que la racine entre en développement, la moitié externe de la première cellule épidermique dédoublée se détache comme première assise de la coiffe, et il en résulte un gradin à descendre pour passer de la surface primitive de la tige à la surface dénudée de la racine. Peu après, la moitié interne mise à nu se prolonge par un poil absorbant. »

MM. Flahault (4), Olivier (5) et Dangeard (6) décrivent cette région de la même manière. « Il importe de remarquer, dit M. Olivier, que l'épiderme radiculaire, bien qu'issu de l'épiderme

(1) Dodel, *Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahl-Wurzel.* (Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. VIII, Heft 2, 1871.)

(2) Prillieux, *Bulletin de la Société botanique de France*, 6 juillet 1877.

(3) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 1re éd., p. 765; 2e éd., p. 781. L'auteur y résume ses travaux antérieurs (1869, 1871, 1872).

(4) Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames.* (Ann. sc. nat., 6e sér., t. VI, 1878.)

(5) Olivier, *Ann. sc. nat.*, 6e sér. *Botanique*, 1881, p. 17.

(6) Dangeard, *Recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Dicotylédones.* (Le Botaniste, 1re sér., 1889.)

de la tigelle, n'en procède que par voie de division; il ne représente donc pas la *totalité* de l'assise épidermique de la tige. » — « A un certain niveau, dit M. Dangeard, à l'unique assise épidermique correspondent deux assises, dont l'une, l'extérieure, servira, en se cloisonnant tangentiellement, à former la *coiffe* et dont l'autre constituera l'assise pilifère. »

En même temps qu'il explique le changement de surface à la limite entre la racine et la tige, M. Van Tieghem recherche « la transformation des faisceaux simples libériens et ligneux de la racine dans les faisceaux doubles libéro-ligneux de la tige » et reconnaît que cette transformation peut avoir lieu de trois manières :

« 1° Les faisceaux libériens de la racine s'élèvent simplement en ligne droite dans la tige. Les faisceaux ligneux, arrivés près du collet, multiplient leurs vaisseaux et se dédoublent suivant le rayon. Les deux moitiés se séparent et, s'inclinant à droite et à gauche, vont s'unir deux par deux en dedans des faisceaux libériens alternes... En se déplaçant, chaque moitié du faisceau ligneux tourne sur elle-même, se tord de 180°, de façon à diriger en dedans la pointe qu'elle présentait en dehors ;

» 2° Le plus souvent, les faisceaux libériens se dédoublent latéralement comme les faisceaux ligneux, et leurs deux moitiés vont, pour ainsi dire, au-devant des deux moitiés ligneuses;

» 3° Quelquefois enfin, les faisceaux ligneux restent en place en se tordant de 180°, et ce sont les faisceaux libériens dédoublés qui font tout le chemin. »

Melle S. Goldsmith (1) admet aussi que le passage de la tige au pivot s'effectue par une torsion anatomique.

Dans l'exposé des résultats généraux que M. Gérard (2) a cru pouvoir tirer de l'étude du *Nigella damascena* et d'autres plantules, cet auteur interprète la structure du collet interne de la même

(1) S. Goldsmith, *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte Fibrovasalmassen im Stengel und in der Hauptwurzel der Dicotyledonen*. Zurich, 1876, thèse inaugurale.

(2) Gérard, *loc. cit.*

façon. Il admet que « le système radical passe entièrement dans les feuilles séminales », et il distingue six temps dans ce passage :

« 1° Augmentation du nombre des éléments du faisceau et égalisation de leur diamètre. Ce premier fait est surtout sensible chez les Monocotylédones, où le diamètre des vaisseaux internes dépasse considérablement dans la racine celui des trachées. Ces végétaux perdent ainsi leur facies radical spécial et leur assimilation aux Dicotylédones devient complète;

» 2° Groupement sur plusieurs files des éléments primitivement unisériés plus bas; leur assemblage en une masse plus compacte lorsque les éléments vasculaires de la racine sont rangés sur plusieurs files;

» 3° Segmentation longitudinale qui donne naissance à deux faisceaux parallèles centripètes;

» 4° Superposition de ces faisceaux aux masses libériennes voisines et formation des faisceaux libéro-ligneux;

» 5° Passage du bois de l'orientation centripète à l'orientation sécantielle;

» 6° Passage de l'orientation sécantielle à l'orientation centrifuge. »

Avec MM. Van Tieghem, Flahault, Olivier et Dangeard, je reconnais que l'assise pilifère chez les Dicotylédones est la couche interne de l'épiderme de l'hypocotyle dédoublé tangentiellement. Il convient d'appeler *collet superficiel*, le niveau auquel a lieu ce dédoublement. Mais je ne puis admettre les explications de MM. Dodel, Van Tieghem, M[lle] Goldsmith et M. Gérard quant au *collet interne*, c'est-à-dire la région où se fait le contact du faisceau multipolaire avec les faisceaux unipolaires.

Il n'y a pas *passage* de la racine à la tige, mais *mise en rapport* dans l'hypocotyle du faisceau de la racine d'une part avec les faisceaux cotylédonaires et caulinaires d'autre part.

Il n'y a pas continuation dans les cotylédons des trachées de la racine, mais il existe deux sortes d'éléments ligneux : les uns à développement centripète dans la racine et l'hypocotyle; les autres à développement centrifuge dans le nœud cotylédonaire, les cotylédons, la tige et les feuilles.

Il n'y a pas non plus torsion de 180°, mais seulement incurvation des faisceaux lors de leur sortie dans les cotylédons.

Au surplus, si l'interprétation de ces botanistes était vraie, il faudrait admettre que les cotylédons, contrairement aux autres organes appendiculaires, n'ont pas d'insertion sur l'axe, qu'ils n'ont pas de faisceaux propres, que leurs faisceaux ne sont que la continuation de celui de la racine et de l'hypocotyle ; en d'autres termes, il n'y aurait pas de *trace cotylédonaire*. Or, on conçoit difficilement que les cotylédons, qui ne sont que des feuilles embryonnaires, se comportent autrement que les feuilles ordinaires.

Remarquons d'ailleurs que les explications de ces auteurs sont en contradiction avec les faits observés par Nägeli ([1]) et plus récemment par MM. Bertrand ([2]), Vuillemin, Gravis, Lignier et Dangeard.

Pour M. Vuillemin ([3]), « il n'y a pas transformation du système de la racine en système de tige. Tous deux sont absolument indépendants; ... il n'y a aucun passage de la racine à la tige, mais insertion du pivot sur la tige principale » ... « La tigelle a une structure hybride de tige et de racine sans qu'elle soit par elle-même l'une ou l'autre : tige par ses connexions, par ses appendices, par son épiderme, racine par ses systèmes profonds »... « Les faisceaux radicaux, tout en modifiant leur structure, ne transforment jamais, tant qu'ils existent, leur orientation caulinaire. »

M. le professeur Gravis ([4]) voit dans l'axe hypocotylé de l'ortie, le contact du faisceau bipolaire de la racine avec deux

([1]) Naegeli, *Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen.* (Beitraege z. wissensch. Botanik, Heft I, 1858.)

([2]) Bertrand, *Traité de Botanique.* (Archives botaniques du Nord de la France, t. I, 1881.)

([3]) Vuillemin, *De la valeur des caractères anatomiques au point de vue de la classification des végétaux. Tige des Composées.* Paris, 1884.

([4]) Gravis, *Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'Urtica dioica.* (Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Belgique, t. XLVII, 1884.)

faisceaux larges centrifuges, qui, en se ramifiant, fournissent les faisceaux cotylédonaires et les faisceaux de la tige principale. Dans l'hypocotyle de *Tradescantia virginica*, le même auteur ([1]) distingue un double contact ligneux :

« 1° Le contact des trachées des deux faisceaux cotylédonaires avec celles de deux des pôles centripètes de la racine; ce contact s'établit de bonne heure et dans le haut de l'hypocotyle, c'est-à-dire dans le nœud cotylédonaire même ;

» 2° Le contact des trachées des trois faisceaux de la feuille 1 (faisceaux L, M, L) avec celles des trois pôles centripètes de la racine; ce contact s'établit plus tard et dans le bas de l'hypocotyle ([2]). »

M. Lignier ([3]) a montré que l'arrangement des tissus ligneux en lames tournantes dans le nœud cotylédonaire est dû, non à la torsion des faisceaux cotylédonaires, mais à la formation de tissus de mise en contact entre l'axe hypocotylé et la racine principale.

D'après M. Dangeard ([4]), il faut considérer séparément trois parties dans l'hypocotyle : « la racine, les faisceaux fournis par les cotylédons, les faisceaux fournis par les feuilles. Les faisceaux

([1]) Gravis, *Recherches anatomiques et physiologiques sur le Tradescantia virginica*. (Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique, t. LVII, 1898.)

([2]) Chez les Monocotylées, le cotylédon, étant souvent hypogé, ne joue ordinairement aucun rôle dans l'élaboration; sa fonction alors est uniquement de sucer la nourriture dans l'albumen au profit de la plantule. La première feuille, au contraire, est chargée de transpirer et d'élaborer. Aussi, dans le *Tradescantia*, cette feuille se relie-t-elle fortement au faisceau radical par des faisceaux qui descendent jusqu'au bas de l'hypocotyle, tandis que le contact du cotylédon avec ce faisceau radical se fait par quelques trachées seulement et dans le haut de l'hypocotyle.

Chez les Dicotylées, au contraire, les cotylédons sont souvent épigés et par conséquent élaborateurs. De même que les premières feuilles, ils ont des attaches puissantes avec le faisceau de la racine vers le haut, le milieu ou le bas de l'hypocotyle et parfois dans la racine même.

([3]) Lignier, *Recherches sur l'anatomie comparée des Calycanthées, des Mélastomacées et des Myrtacées* (thèse). Paris, 1887.

([4]) Dangeard, *loc. cit.*

de la racine ne s'allongent que vers le bas; aussi ne dépassent-ils jamais les cotylédons. » Dans le *Nigella*, le *Delphinium*, l'*Helleborus*, le *Thalictrum*, l'*Adonis*, « la racine, dit encore cet auteur, possède deux faisceaux et les faisceaux sont également au nombre de deux dans chaque pétiole des cotylédons. Ils descendent verticalement et viennent s'*unir* plus ou moins bas à la partie interne du faisceau correspondant de la racine; il en résulte une disposition en forme de T ou de V ».

Dans une note postérieure à la publication de son *Traité de Botanique*, 2e édition, M. Van Tieghem ([1]) distingue deux parties dans l'hypocotyle de l'embryon : en haut, la *tigelle*, « base de la tige »; en bas, la *rhizelle*, « base de la racine ». « La rhizelle et la radicule composent la racine, comme la tigelle et la gemmule constituent la tige. » Recherchant ensuite la limite de la tige et de la racine dans les plantules des Dicotylées et des Gymnospermes, ce botaniste propose de placer cette limite au niveau que nous avons appelé collet superficiel, si l'hypocotyle est court ou s'allonge par la croissance intercalaire de la tigelle seulement. Mais quand l'hypocotyle s'allonge par la tigelle et la rhizelle à la fois, ou par la rhizelle seulement, on commettrait une trop grande erreur, dit-il, en prenant le collet superficiel pour limite, car la rhizelle, rapportée à la tige, formerait alors à elle seule la presque totalité de l'hypocotyle. Dans ce cas, il place la limite de la tige et de la racine dans notre collet interne. Cette limite varierait donc avec le mode de germination, et l'hypocotyle devrait être attribué tantôt en totalité à la tige, tantôt en grande partie à la racine.

Il me paraît difficile d'admettre une théorie conduisant à de tels résultats. Je pense que c'est un tort de vouloir, dans les plantules, tout ramener à la tige ou à la racine. Si, au contraire, on considère l'hypocotyle comme un *membre*, il est rendu, par cela même, distinct de la racine et de la tige; les termes *tigelle* et *rhizelle*, impossibles à définir puisqu'ils désignent des portions

([1]) Van Tieghem, *Sur la limite de la tige et de la racine dans l'hypocotyle des Phanérogames*. (Journal de botanique, 16 décembre 1891.)

de l'hypocotyle sans limites précises, deviennent inutiles; des régions pourvues d'un épiderme et de stomates ne doivent plus être attribuées à la racine. L'hypocotyle est une région embryonnaire limitée vers le haut par l'insertion des cotylédons et vers le bas par le collet superficiel. Cette région forme comme le trait d'union entre la racine et la tige. Quant au collet interne, il ne peut servir à limiter la racine de la tige : il occupe tantôt une portion de l'hypocotyle (vers le haut, le milieu ou le bas), tantôt la base organique de la racine principale ou, au contraire, les premiers entre-nœuds de la tige principale.

En résumé, il convient de distinguer dans les plantules des Dicotylées le *collet superficiel*, le *collet interne* et l'*hypocotyle*.

A. — Le *collet superficiel* est le niveau où l'assise pilifère est en contact avec l'épiderme. Il indique la limite entre la racine principale et l'hypocotyle.

B. — Le *collet interne* est une région plus ou moins étendue où les faisceaux à bois centrifuge des cotylédons, de la tige et des premières feuilles se mettent en rapport avec le faisceau à bois centripète de la racine.

Dans les Renonculacées, le collet interne occupe le haut de l'hypocotyle. Le rapport entre le bois centrifuge et le bois primaire centripète s'y établit par trois contacts successifs : un contact direct et par opposition, un contact direct et latéral, un contact indirect (voyez p. 14). La région de mise en rapport commence de $1/2$ à 3 millimètres au-dessous du nœud cotylédonaire et finit à ce nœud. Cette mise en rapport se fait de la même manière dans toutes les espèces de la famille, quels que soient le milieu où elles vivent, leur facies, la situation épigée ou hypogée des cotylédons et leur nervation. La structure de la région de contact est donc plus constante que celle des cotylédons qui, comme nous l'avons constaté, subissent une certaine adaptation.

C. — L'*hypocotyle* est un membre embryonnaire, intermédiaire entre la racine principale et la tige principale, et servant à l'insertion des cotylédons et de la tige principale sur la racine.

Il a pour limite inférieure le collet superficiel et pour limite supérieure le nœud cotylédonaire. La tige n'en est pas la continuation directe. Il n'a ni la structure typique de la racine ni celle de la tige. C'est, suivant l'expression de M. Vuillemin, « un terrain neutre à travers lequel s'opère le raccord entre les systèmes radicaux et les systèmes caulinaires ». Son parenchyme cortical et son faisceau multipolaire se continuent respectivement avec le parenchyme cortical et le faisceau de la racine. Toujours recouvert par un épiderme, il renferme, selon les niveaux, du bois centrifuge, du bois centripète ou les deux à la fois. Membre temporaire servant d'axe à l'embryon et à la plantule, et destiné à l'insertion des faisceaux à bois centrifuge, il est appelé à disparaître ou du moins à se confondre avec la racine principale vers le bas et la tige principale vers le haut, à l'époque où son parenchyme cortical est décortiqué.

ANNEXE.

EXISTENCE D'UNE COUCHE MORTIFIÉE SUR L'HYPOCOTYLE ET LES PÉTIOLES COTYLÉDONAIRES.

L'assise mortifiée qui recouvre le tube cotylédonaire de l'*Eranthis hiemalis* au-dessus du niveau de la gemmule, représenterait, d'après M. Dangeard [1], « l'assise pilifère elle-même ou une assise sous-jacente ». J'ai montré que cette couche est un épiderme véritable recouvrant la base du tube cotylédonaire et le tubercule au-dessus du collet superficiel : il est seulement garni de papilles analogues à celles d'une racine. Le raccord de l'assise pilifère vraie et de l'épiderme a lieu comme d'ordinaire à la base de l'hypocotyle, et pour expliquer l'existence de cette couche mortifiée, il est inutile d'admettre, avec M. Dangeard, « un accroissement intercalaire très différent de l'écorce et du cylindre central de la tige et de la racine ».

[1] Dangeard, *loc. cit.*

Le *Paeonia officinalis* offre d'ailleurs une particularité semblable. Au niveau où commence le collet interne, l'hypocotyle entièrement souterrain de cette plante est recouvert d'une assise présentant l'aspect de l'assise pilifère proprement dite. L'épiderme bien caractérisé n'existe qu'à un niveau un peu plus élevé. Quant à la véritable assise pilifère, elle ne se rencontre que sur la racine.

D'après M. Géneau de Lamarlière ([1]), l'assise externe flétrie du tube cotylédonaire du *Smyrnium rotundifolia* et du *Chaerophyllum bulbosum*, est aussi une assise pilifère. « Ainsi donc, écrit-il, un pétiole peut être muni de l'assise pilifère considérée ordinairement comme le caractère exclusif de la racine, et le collet... est ici placé à mi-hauteur d'un pétiole. » Cet auteur oublie que le caractère distinctif de l'assise pilifère est son mode de formation par cloisonnement tangentiel et exfoliation d'un tissu superficiel formant coiffe. Ainsi entendue, elle est toujours le « caractère exclusif de la racine » et n'existe qu'au-dessous du collet superficiel.

En résumé, la couche pilifère qui recouvre l'hypocotyle du *Paeonia*, l'hypocotyle et la base du tube cotylédonaire de *l'Eranthis*, etc..., doit être considérée comme un épiderme plus ou moins mortifié, à cuticule mince, pouvant fonctionner comme une assise pilifère proprement dite. L'existence de cette couche n'altère en rien la définition que j'ai donnée plus haut du collet superficiel.

([1]) Géneau de Lamarlière, *Recherches sur le développement de quelques Ombellifères.* (Revue gén. de botanique, t. V, n°s 52, 53 et 54.)

III. — GERMINATION.

La germination a été étudiée par un grand nombre d'auteurs.

M. Klebs (1) reconnait six modes de germination parmi les Dicotylées.

M. Massart (2) distingue six types de germination.

M. Lubbock (3) a décrit les caractères extérieurs d'un grand nombre de plantules.

De leur côté, MM. Irmisch (4), de Janczewski (5) et Hildebrand (6) ont observé la germination des Anémones.

Parmi les botanistes qui se sont occupés de la germination de Renonculacées, citons encore Wichura (7), Dickson (8) et Winckler (9).

De l'ensemble de mes observations, il résulte que les Renonculacées appartiennent à deux types de germination quant à la durée (10) et à six types quant à la forme des plantules.

(1) Klebs, *Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung.* (Pfeffer's Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen, Bd I, 1881-1885.)

(2) Massart, *loc. cit.*

(3) Lubbock, *A contribution to our knowledge of seedlings.* London, 1896.

(4) Irmisch, *Morphologie der Knollen- und Zwiebelgewachse*, 1850, et *Ueber einige Ranunculaceen.* (Bot. Zeit., 1856.)

(5) De Janczewski, *loc. cit.*

(6) Hildebrand, *Einige Beobachtungen an Keimlingen und Stecklingen.* (Bot. Zeit., Januar 1892.)

(7) Wichura, *Ueber Keimpflanzen von Anemone.* (Verh. der Schles. Gesell. f. Vat. C., 1856.)

(8) Dickson, *Germination of Delphinium.* (Journal of Botany, 1872.)

(9) Winckler, *Die Keimpflanze des Isopyrum thalictroides.* (Flora, 1884.) Cet auteur figure aussi la germination d'*Anemone nemorosa.*

(10) Le début de la germination est marqué par le réveil de l'embryon sous l'influence des agents extérieurs ; la fin, par l'épuisement des réserves nutritives de l'albumen (quand la graine est albuminée) ou des cotylédons (quand la graine est exalbuminée).

A. QUANT A LA DURÉE :

1° *Germination rapide*, s'il existe deux cotylédons épigés. Ceux-ci sortent de terre quelques semaines après le semis, et les premières feuilles se développent bientôt après. (La plupart des espèces de cette famille.)

2° *Germination lente*, s'il existe deux cotylédons hypogés ou si l'embryon est homogène.

Dans le cas où les cotylédons sont hypogés, l'embryon s'accroit dans l'albumen pendant l'été, forme une gemmule et pousse la radicule hors de la graine pendant l'automne. Au printemps suivant, les premières feuilles se montrent à la surface du sol (*Paeonia*, *Clematis viticella*).

Dans le cas où l'embryon est homogène, il achève son développement dans la graine et y forme ses cotylédons, sa gemmule et sa radicule. Celle-ci perce seulement le spermoderme à l'automne qui suit le semis (*Eranthis*, Anémones à embryon homogène, *Hepatica triloba*) ou même à l'automne de l'année suivante (*Ficaria*). La plantule arrive au jour au printemps qui suit la sortie de la radicule. Elle ne comprend au-dessus du sol que les cotylédons si ceux-ci sont épigés (*Eranthis*, *Anemone apennina*, *Hepatica triloba*, *Ficaria*) ; que la première ou les premières feuilles si les cotylédons sont hypogés (*Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *A. trifolia*) (1).

(1) On ne doit pas conclure de ces indications relatives aux Renonculacées que la germination est lente pour toutes les graines (albuminées ou non) à cotylédons hypogés. Cela est vrai seulement des graines albuminées (*Paeonia*, *Clematis viticella*), dont les cotylédons, fort petits, doivent absorber la nourriture renfermée dans l'albumen et grandir avant de pouvoir subvenir aux besoins des premières feuilles ; celles-ci n'apparaissent au-dessus du sol qu'au printemps de l'année suivante. Dans les graines exalbuminées, au contraire, ayant, de même que le *Paeonia* et le *Clematis viticella*, les cotylédons hypogés, ceux-ci, fort gros et déjà gorgés de réserves puisées dans l'albumen au cours de la maturation de la graine, sont aptes à nourrir abondamment la gemmule et à lui permettre d'envoyer ses feuilles dans l'air quelques semaines après le semis (*Pisum*, *Faba*, etc.). En résumé, la germination des graines à cotylédons hypogés est lente ou rapide selon que ces graines sont albuminées ou exalbuminées.

B. **Quant a la forme des plantules :**

1° Cotylédons épigés, élaborateurs, grandissant beaucoup lors de la germination, à pétioles libres, plus ou moins allongés, tirant les limbes hors de la graine. Racine principale croissant modérément ou fort. Hypocotyle plus ou moins long, en partie souterrain, amenant dans l'air les cotylédons et la gemmule. *Nigella*, certaines espèces de *Clematis* (*vitalba, integrifolia*), *Atragene*, beaucoup d'espèces d'*Anemone* (*Pulsatilla, sylvestris, stellata, pavonina, virginiana, vitifolia, patens, Hudsoniana, multifida, pensylvanica, decapetala*), *Hepatica triloba, Adonis, Helleborus, Garidella*, la plupart des *Delphinium, Aconitum, Aquilegia, Actaea, Cimicifuga, Caltha, Trollius*, c'est-à-dire la majorité des Renonculacées ;

2° Comme dans le type 1, sauf que la racine principale croît peu et finit même par disparaître, supplantée par des racines adventives poussant à la limite inférieure de l'hypocotyle. La plupart des *Ranunculus, Myosurus, Ceratocephalus ;*

3° Cotylédons épigés, élaborateurs, concrescents jusqu'au milieu ou au sommet du pétiole par les deux bords. Pétioles cotylédonaires simulant un hypocotyle, longs, en grande partie aériens, amenant les limbes dans l'air. Hypocotyle court, souterrain, souvent tubérisé. Premières feuilles déchirant le tube cotylédonaire de chaque côté à la base. *Anemone coronaria, A. hortensis, Delphinium nudicaule ;*

4° Comme au type 3, sauf que les cotylédons sont concrescents jusqu'au milieu ou au sommet du limbe par un bord seulement, ce qui fait que les premières feuilles peuvent sortir sans provoquer de déchirure. *Ficaria, Eranthis, Anemone apennina ;*

5° Cotylédons hypogés, mais sortant de la graine ; ils servent exclusivement de réservoirs nutritifs. Hypocotyle court, souterrain. Tige principale et premières feuilles naissant dans le sol. Certaines espèces d'*Anemone* (*nemorosa, trifolia, ranunculoides*) ;

6° Comme dans le type 5, sauf que les cotylédons restent emprisonnés dans le spermoderme. *Paeonia, Clematis viticella* [1].

[1] Dans les quatre premiers types de germination, les cotylédons des Renonculacées sont essentiellement élaborateurs : on sait qu'il en est ainsi dans toutes les graines albuminées à cotylédons épigés (*Plantago, Hibiscus,*

On voit que la situation des cotylédons peut varier d'une espèce à l'autre d'un même genre. Elle peut même varier dans une espèce donnée. Ordinairement épigés dans le *Clematis flammula*, les cotylédons restent parfois sous terre, emprisonnés dans le spermoderme. J'ai rencontré des cotylédons hypogés dans le *Clematis recta*. M. Lubbock, dans son ouvrage sur la vie des plantes, les décrit de même, tandis que M. Irmisch a observé que les cotylédons épais et ordinairement épigés du *Clematis recta* et du *Clematis corymbosa* restent parfois sous terre. De son côté, M. Bonnier [1] a remarqué que des graines prises sur la même inflorescence d'un *Thalictrum minus* et semées dans des conditions différentes de sol, d'humidité, de température et de saison, ont donné des plantules à cotylédons presque hypogés et d'autres à cotylédons épigés. Il est naturellement impossible de classer ces Renonculacées à germination variable dans l'une ou l'autre des catégories précédentes.

Au sujet des germinations des types 3 et 4, on peut se demander quelle est l'utilité de la concrescence cotylédonaire. Dans les plantules où cette concrescence a lieu, on remarque que l'hypocotyle est court et tubérisé : ce sont les pétioles cotylédonaires qui doivent s'allonger pour porter les limbes dans l'air. Dans ces conditions, ces pétioles semblent s'unir pour traverser le sol plus facilement, se soutenir et supporter les limbes.

La plupart des traités de botanique reconnaissent deux modes généraux de germination : la germination à cotylédons épigés et la germination à cotylédons hypogés, dans laquelle les cotylédons restent emprisonnés dans le spermoderme. D'après ce qui précède, il y aurait peut-être lieu de distinguer une troisième catégorie : la germination à cotylédons hypogés sortant de la graine.

Conifères, etc.). Dans les types 5 et 6, les cotylédons servent uniquement de réservoirs : il en est de même dans toutes les graines à cotylédons hypogés (*Citrus*, Cycadées, *Smilax*, Viciées, *Aesculus*, *Quercus*, *Juglans*, etc.). On sait aussi qu'il existe une troisième catégorie de graines, dans lesquelles les cotylédons sont destinés au double rôle de réservoirs nutritifs pendant la germination et d'organes élaborateurs après : ce sont les graines exalbuminées à cotylédons épigés (*Astragalus*, *Phaseolus*, *Fagus*, Crucifères, Cucurbitacées, etc.).

[1] Bonnier, *Revue gén. de botanique*, t. I.

IV. — COTYLÉDONS.

Forme. 1° *Cotylédons épigés.* — Pétiole étroit et plus ou moins allongé, sauf dans le *Myosurus* et le *Ceratocephalus*, où il est large et court, peu distinct du limbe.

Limbe mince, entier, quelquefois un peu échancré ou très légèrement mucroné à son sommet, n'ayant jamais la forme ni des premières feuilles, ni celle des feuilles de la plante adulte. Chez les espèces aquatiques ou marécageuses, il est petit (*Ranunculus divaricatus* et *R. sceleratus; Caltha palustris*). Il est au contraire large, ovale, arrondi ou cordé à la base chez les espèces terrestres.

2° *Cotylédons hypogés.* — Limbe épais, surtout quand il reste emprisonné dans le spermoderme.

Insertion. — Chez la grande majorité des Renonculacées, chaque cotylédon s'insère sur l'hypocotyle par trois faisceaux L, M, L qui se fusionnent à leur sortie. Dans quelques espèces seulement (*Ficaria ranunculoides, Clematis integrifolia, Clematis viticella*), les cotylédons reçoivent chacun cinq faisceaux (*m*, $\widetilde{LML}$, *m*).

Histologie. — Parenchyme palissadique plus ou moins bien caractérisé (à une ou deux couches) à la face interne, et parenchyme spongieux à la face externe, sauf dans les cotylédons souterrains (*Paeonia, Anemone nemorosa*) ou aquatiques (*Ranunculus divaricatus*), dont le mésophylle est homogène.

Stomates à la face externe seulement ou sur les deux faces, toujours formés de deux cellules de bordure au niveau de l'épiderme avec deux replis de la cuticule surmontant l'ostiole. Pas de stomates dans les cotylédons hypogés.

Pas de poils, sauf dans quelques genres (*Aconitum, Actaea, Thalictrum*).

Sommet pourvu ou non d'une glande à eau.

On voit qu'une corrélation existe entre l'épaisseur des cotylédons et leur structure. Les cotylédons épais ont un parenchyme homogène et un épiderme sans stomates. A des coty-

lédons minces, au contraire, correspondent l'existence d'une couche palissadique et des stomates plus ou moins nombreux. Cette remarque a été faite aussi par M. Godfrin (1).

Nervation. — La nervation du limbe est renseignée dans le tableau suivant :

Une seule nervure.			*Myosurus minimus* (fig. 124).
Trois nervures principales distinctes dès la base du limbe ; pas de nervures marginales ; nervures secondaires non réticulées.			*Caltha palustris* (fig. 213). *Trollius europæus* (fig. 220). *Ranunculus cherophyllos* (fig. 144) *Ranunculus sceleratus* (fig. 143). *Anemone nemorosa* (fig. 106). *Isopyrum fumaroides* (fig. 276).
Cinq nervures principales, savoir : *L*, *M*, *L*, distinctes vers la base du limbe, et *m* et *m* (nervures marginales) se rattachant :	à la base du limbe à $\widetilde{LML}$ ou à *L* et *L* déjà séparés de *M*.	*m* et *m* rejoignent le sommet du limbe. Nervures secondaires réticulées.	*Aquilegia vulgaris* (fig. 271). *Ranunculus muricatus* (fig. 146). *Ranunculus acris* (fig. 142). *Ranunculus chius*. *Ranunculus tuberosus*. *Aconitum uncinatum* (fig. 296). *Eranthis hiemalis* (fig. 251). *Hepatica triloba* (fig. 110).
		m et *m* ne rejoignent pas le sommet du limbe. Nervures secondaires non réticulées.	*Cimicifuga racemosa* (fig. 301). *Anemone Pulsatilla* (fig. 105). *Thalictrum flavum*.
		Peu ou pas de nervures secondaires (nervation parallèle).	*Ceratocephalus falcatus* (fig. 126). *Adonis automnalis* (fig. 115).
	vers le milieu ou la base du pétiole à $\widetilde{LML}$	et rejoignant le sommet du limbe. Nervures secondaires réticulées.	*Nigella damascena* (fig. 49). *Ranunculus arvensis*. *Ranunculus cornutus* (fig. 147). *Ranunculus creticus*. *Actaea spicata*.
		ne rejoignant pas le sommet du limbe. Nervures secondaires non réticulées.	*Nigella arvensis* (fig. 268). *Helleborus fœtidus* (fig. 258). *Garidella nigellastrum* (fig. 263). *Paeonia officinalis* (fig. 311). *Clematis vitalba*. *Atragene alpina*.
	dans l'hypocotyle aux caulinaires. . . .		*Clematis viticella*. *Clematis integrifolia*.

Il résulte de l'examen de ce tableau que :

1° La nervation des cotylédons est fort variable d'un genre à l'autre;

(1) Godfrin, *Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen*. Paris, Masson, 1884.

2° Elle n'est pas constante dans un même genre, même pour des espèces vivant dans le même milieu (*Nigella*, Renoncules terrestres);

3° Elle est uninerve, parallélinerve ou le plus souvent penninerve. Dans ce dernier cas, selon que les nervures marginales atteignent ou non le sommet du limbe, les nervures pennées sont réticulées ou non;

4° Les plantes terrestres ont souvent des cotylédons à nervation compliquée, caractère que l'on ne trouve jamais chez les espèces aquatiques ou marécageuses : des cotylédons larges, à nervures nombreuses, seraient inutiles aux plantes vivant dans l'eau. On peut en tirer cette conclusion, que les cotylédons s'adaptent au milieu dès le début de la germination;

5° Il n'existe pas de faisceaux intermédiaires à la base du limbe entre la nervure médiane et les nervures latérales.

Concrescence. — Les pétioles cotylédonaires, dans la plupart des Renonculacées, sont libres dès leur base ou ne présentent qu'une légère concrescence par les deux bords dans leur partie inférieure. Chez quelques espèces, la concrescence par les deux bords s'étend jusqu'au milieu (*Anemone hortensis*) ou au sommet des pétioles (*Anemone coronaria*, *Delphinium nudicaule*), et dans ces deux cas les premières feuilles, à leur sortie, déchirent le tube cotylédonaire de chaque côté. Chez d'autres espèces, enfin, la concrescence des cotylédons s'opère par un bord seulement jusqu'au milieu (*Anemone apennina*) ou au sommet des limbes (*Eranthis*, *Ficaria*), et alors les premières feuilles sortent sans provoquer de déchirure.

La concrescence des cotylédons chez ces Renonculacées paraît fixée : je n'y ai pas trouvé de plantules à cotylédons libres. Il en est ainsi dans beaucoup d'espèces d'autres familles dont j'ai eu l'occasion de voir des plantules (*Smyrnium olusatrum*, *Smyrnium perfoliatum*, *Ferula thyrsiflora*, *Ferula tingitana*, *Macrozamia plumosa*). Chez d'autres, au contraire, à côté d'individus à cotylédons plus ou moins concrescents, j'en ai trouvé dont les cotylédons étaient complètement libres (*Helianthus annuus*, *Chaerophyllum temulum*, *Caragana pygmea*).

Plusieurs auteurs ont admis que la Ficaire n'a qu'un cotylédon; d'autres, qu'elle en est complètement dépourvue.

Pour Irmisch, cité par Darwin ([1]), cette plante n'a « jamais deux cotylédons développés ». De l'examen de la Ficaire et de quelques autres plantules de Dicotylées, Darwin infère qu'il y a « une connexion intime entre la réduction de la taille d'un des cotylédons ou de ces deux organes et la formation, par épaississement de l'hypocotyle ou de la radicule, de ce qu'on nomme un bulbe ». Ce serait là, ajoute-t-il, une confirmation du principe de compensation ou de balancement de la croissance énoncé par Gœthe : « Afin de pouvoir dépenser d'un côté, la nature est forcée d'économiser de l'autre ».

Cette explication est séduisante, mais en ce qui concerne la Ficaire, elle est en contradiction avec l'anatomie qui démontre que cet organe unique est double en réalité. D'ailleurs, des plantules ayant manifestement deux cotylédons concrescents peuvent présenter aussi un hypocotyle tubérisé (*Delphinium nudicaule*), tandis que des plantules à cotylédon en apparence unique et brièvement pétiolé peuvent avoir un hypocotyle long, non tubérisé (*Helianthus annuus*, var. *syncotyleus*). Tout ce que l'on peut dire, c'est que la concrescence des pétioles cotylédonaires allongés est concomitante avec l'existence d'un hypocotyle court, et que c'est ce dernier caractère qui décide de la concrescence, ainsi que je l'ai expliqué page 81.

Dans les observations qu'il a publiées en 1866 sur la Ficaire, M. Van Tieghem dit que cette plante « paraît germer avec un seul cotylédon ». Dans son *Traité de Botanique*, 2me édition (1891), page 949, ce botaniste va plus loin et affirme que la Ficaire « n'a pas de cotylédon ». Or, l'étude de l'embryon en voie de développement prouve l'existence d'un organe cotylédonaire au-dessus de l'hypocotyle. Quand cet organe est complètement développé, on peut se convaincre par l'examen de la forme de son limbe et de sa nervation qu'il est formé par la concrescence de deux cotylédons.

([1]) Darwin (trad. fr. par Ed. Heckel), *La faculté motrice dans les plantes*. Paris, 1882, p. 93.

V. — PREMIÈRES FEUILLES.

FORME. — Chez les Renonculacées à cotylédons épigés, les premières feuilles ne diffèrent pas sensiblement des feuilles suivantes. On remarque seulement que leur taille est plus petite et leur forme plus simple par suite de la diminution du nombre des parties. Dans le *Clematis vitalba*, par exemple, on trouve d'abord des feuilles simples et dentées, puis des feuilles trilobées et enfin des feuilles à trois et à cinq folioles (¹). Parfois, les feuilles de la plantule présentent le même aspect que les feuilles de la plante adulte, ce qui semble provenir d'un arrêt de développement de la plante dans son ensemble (*Myosurus*).

Chez certaines espèces à cotytédons hypogés restant emprisonnés dans le spermoderme, comme le *Clematis viticella*, le *C. flammula* et le *C. recta*, les premières feuilles sont très petites, écailleuses. Ce caractère est tellement bien fixé par l'hérédité, qu'il persiste lorsque les cotylédons sont amenés à la surface du sol, comme cela arrive parfois dans le *C. flammula* et le *C. recta*. La réduction des premières feuilles doit être considérée comme un caractère d'adaptation permettant à la plantule de traverser facilement le sol, et non comme une récapitulation. Aucune Renonculacée n'offre dans la forme de ses premières feuilles un stade récapitulatif. D'après M. Massart, les exemples de récapitulation sont d'ailleurs rares chez les végétaux.

Quelques espèces de Renonculacées à cotylédons hypogés restant emprisonnés dans le spermoderme, possèdent des premières feuilles bien développées : c'est le cas pour le *Paeonia officinalis* (fig. 302). Ce fait est dû sans doute à l'abondance des réserves nutritives de l'albumen permettant à la plantule d'acquérir une grande vigueur avant d'arriver à la surface du sol.

Les premières feuilles des espèces grimpantes (*Clematis*

(¹) J. MASSART (*loc. cit.*) a aussi démontré que la diminution de la taille d'un organe est due à la « diminution du nombre des parties semblables et non à la réduction de la taille des diverses parties ».

vitalba) n'enroulent pas leur pétiole : ce caractère n'apparaît qu'à l'époque où la tige longue et sarmenteuse a besoin de se soutenir ([1]).

Disposition. — Les premières feuilles — comme d'ailleurs les feuilles de la plante adulte — sont alternes dans la plupart des genres. La spire phyllotaxique est tantôt dextre, tantôt senestre. L'angle de divergence est de $^2/_5$.

Dans l'*Atragene alpina*, les feuilles des premiers nœuds, tout en étant opposées, apparaissent successivement dans chaque paire, ont une taille inégale à l'état adulte et s'insèrent à des niveaux légèrement différents. Les *fe* 1, 2, 3..., les plus anciennes de chaque paire, sont rejetées d'un côté; les *fe* I, II, III..., les plus récentes de chaque paire, de l'autre : disposition qui se rapproche de la disposition distique. A partir du cinquième ou du sixième nœud, elles sont distinctement opposées-décussées.

Dans le genre *Clematis*, les deux feuilles des six ou sept premiers nœuds sont aussi de grandeur différente et ne s'insèrent pas au même niveau ; on peut faire passer une spirale régulière par les feuilles 1, 2, 3... ou les feuilles I, II, III... En outre, il arrive que certains nœuds ne portent qu'une feuille, l'autre ayant été reportée au nœud suivant. Enfin, l'existence assez fréquente de cinq gros faisceaux et de cinq côtes aux premiers entre-nœuds des tiges principales, rappelle d'une façon étonnante la disposition par cinq que l'on observe chez plusieurs Renonculacées à feuilles alternes, notamment le *Ranunculus arvensis*. Ces faits constituent un retour atavique ; ils démontrent que la disposition opposée-décussée du *Clematis* n'est pas primordiale, mais que le type décussé provient d'ancêtres à feuilles spiralées ([2]).

Dans le *Myosurus* et le *Ceratocephalus*, les feuilles sont comme fasciculées au sommet de l'hypocotyle, la tige principale restant courte jusqu'à l'époque de la floraison.

([1]) Il en est de même, d'après M. Massart, des plantes à vrilles foliaires. « Les feuilles primaires, dit-il, ne fonctionnent pas comme vrilles ».

([2]) Pour plus de développement, voir mon mémoire sur les Clématidées, *Ann. Soc. des sciences de Liége*, 2e sér., t. XX, et *Archives de l'Inst. bot. de l'Univ. de Liége*, vol. I.

Insertion. — Les feuilles 1 et 2 reçoivent un, deux ou trois faisceaux ; les suivantes, un, deux, trois ou un plus grand nombre.

Nervation. — Elle est fort variable, comme le montre le tableau suivant relatif à la nervation de la feuille 1. A la base du limbe, il y a :

Une seule nervure	*Myosurus minimus* (fig. 127).
Une nervure médiane et deux latérales se rattachant à la médiane à la base du limbe	*Isopyrum fumaroides* (fig. 277). *Ranunculus sceleratus* (fig. 145).
Une nervure médiane, deux latérales et deux marginales, les latérales se rattachant à la médiane à la base du limbe; les marginales se rattachant aux latérales ou à la médiane à la base du limbe, ou à la médiane à la base du pétiole ou pénétrant dans la tige	*Ranunculus acris* (fig. 149). *Ranunculus cherophyllos* (fig. 148). *Ranunculus muricatus*. *Ceratocephalus falcatus* (fig. 129). *Anemone apennina* (fig. 107). *Nigella damascena* (fig. 54). *Hepatica triloba* (fig. 111). *Ficaria ranunculoides* (fig. 203). *Aconitum uncinatum* (fig. 298).
Une nervure médiane, deux latérales, deux marginales et deux intermédiaires, les latérales et les marginales se comportant comme dans le cas précédent, les intermédiaires se rattachant aux latérales à la base du limbe	*Caltha palustris* (fig. 215). *Eranthis hiemalis* (fig. 253). *Aquilegia vulgaris* (fig. 272).

En comparant la feuille 1 au cotylédon, on voit que la nervation de ces deux appendices est établie sur le même plan général. Les différences qui peuvent exister consistent en ce que :

1° Les nervures marginales de la feuille 1 sont distinctes jusqu'à la base du pétiole, au lieu de se détacher de la base du limbe comme dans les cotylédons correspondants (*Ceratocephalus falcatus*, *Hepatica triloba*, *Aconitum uncinatum*, etc.);

2° Les nervures marginales existent dans la feuille 1 (*Ranunculus cherophyllos*, *Caltha palustris*), alors qu'elles font défaut dans les cotylédons correspondants ;

3° Les nervures intermédiaires, qui peuvent exister dans la feuille 1 (*Eranthis hiemalis*, *Aquilegia vulgaris*, *Caltha palustris*, etc.), manquent toujours dans les cotylédons.

Mais ce sont là des différences d'ordre secondaire qui proviennent de ce que la feuille 1 possède généralement une taille plus grande et une forme plus compliquée que les cotylédons.

Histologie. — Les caractères histologiques des premières feuilles sont assez constants.

1° *Épiderme.* — Cellules sans chlorophylle, à cuticule lisse, plus grandes à la face interne qu'à l'externe. Stomates sur les deux faces ou à la face externe seulement, de même structure que dans les cotylédons. Chambre stomatique formée par un grand méat. Vu de face, l'épiderme présente des cellules à contour sinueux, des stomates arrondis, sans cellules annexes. Sur les nervures, les cellules épidermiques, presque rectangulaires, sont allongées dans le sens de la longueur des nervures.

2° *Mésophylle.* — Hétérogène. Une ou deux assises de cellules en palissades; trois ou quatre assises de cellules irrégulières, à grands méats, constituant le parenchyme spongieux. Chlorophylle dans tout le mésophylle. Pas de cristaux.

3° *Nervures.* — Elles sont constituées par un seul faisceau.

Beaucoup de genres présentent des poils (*Clematis*, *Thalictrum*, *Anemone*, *Hepatica*, *Ranunculus*, *Delphinium*, *Aconitum*, *Actaea*). Quelques-uns possèdent des glandes à eau (*Delphinium*, *Caltha*, *Thalictrum*, *Helleborus*).

VI. — TIGE PRINCIPALE.

Caractères extérieurs. — La tige principale des Renonculacées est entièrement aérienne dans les espèces qui germent selon les types 1 et 2, en tout ou en partie souterraine dans les quatre autres types. Lorsqu'elle est aérienne, les cinq ou six premiers entre-nœuds restent courts.

Structure. — Ses faisceaux débutent dans le collet interne par quatre réparateurs A, B, C, D et deux foliaires médians destinés aux deux premières feuilles.

La tige principale n'atteignant pas dans les plantules un développement suffisant, son étude histologique n'a pas été abordée.

VII. — RACINES.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS. — Dans la plupart des Renonculacées, la racine principale devient prédominante et pivotante. Elle reste au contraire grêle et courte, et se trouve supplantée par de nombreuses racines adventives développées à la limite inférieure de l'hypocotyle chez le *Myosurus*, le *Ceratocephalus* et beaucoup d'espèces du genre *Ranunculus*.

Des racines adventives apparaissent en outre au nœud cotylédonaire dans un assez grand nombre d'espèces (*Thalictrum*, *Anemone pensylvanica*, *Anemone sylvestris*, *Hepatica triloba*, *Ranunculus*, *Caltha*). Il s'en forme même parfois le long de l'hypocotyle (*Hepatica triloba*).

Les portions suffisamment âgées des racines se contractent à la fin de la saison et mettent en terre l'hypocotyle et les premiers nœuds de la tige principale. Ce phénomène est surtout manifeste chez les Renonculacées vivaces, comme l'ont démontré M. Mansion pour le *Thalictrum flavum*, et M. Lenfant pour le *Delphinium elatum*.

HISTOLOGIE. *Racine principale.* — Faisceau bipolaire, rarement à trois ou quatre pôles. Décortication précoce du parenchyme cortical. Endoderme avec ou sans plissements.

L'existence ou l'absence de plissements dans l'endoderme des plantules n'est pas toujours générale dans un même genre. Les genres *Clematis*, *Adonis* et *Nigella*, par exemple, présentent des espèces à endoderme plissé et d'autres à endoderme sans plissements.

Radicelles et *racines adventives.* — Deux, trois ou quatre pôles. Parenchyme cortical le plus souvent persistant. Productions secondaires très peu abondantes ou nulles.

Racines adventives du FICARIA RANUNCULOIDES. — Dans le *Ficaria ranunculoides*, des racines adventives se tubérisent et forment des tubercules souterrains et des tubercules aériens ou bulbilles.

L'origine et la structure de ces tubercules ont été l'objet de nombreuses observations.

Pour Aimé Martin ([1]) et Clos ([2]), il y a deux sortes de tubercules : les tubercules-bourgeons et les tubercules-racines, les premiers pourvus près de leur base d'insertion d'un bourgeon qui manque aux derniers; chez ceux-ci, il se forme, au printemps suivant, sur un point analogue, un bourgeon adventif.

M. Germain de Saint-Pierre ([3]) assigne le premier à tous les tubercules une origine radiculaire, mais il nie que les tubercules-racines soient pourvus chacun d'un bourgeon.

Pour M. Irmisch ([4]), « la signification radiculaire de ces tubercules a plus de raison pour elle que leur signification axile ». Il reconnaît en outre que tous ont un bourgeon.

D'après M. Sachs ([5]), il se forme après le développement de la racine principale, « au-dessous de l'axe primaire, une racine adventive renflée en tubercule et entourée d'une gaine à sa base, racine qui se conserve en même temps que le bourgeon qui la surmonte, pendant que la racine principale et les premières feuilles se détruisent ».

Enfin, pour M. Van Tieghem ([6]), tous les tubercules sont formés d'une racine née sur un bourgeon.

J'ai montré qu'il en est réellement ainsi pour les tubercules qui naissent dans le sol, et je pense que les tubercules aériens n'ont pas une autre origine. La seule différence résiderait dans ce fait que les premiers prennent naissance sur un bourgeon

([1]) Aimé Martin, *Etwas über Knospen mit knolliger Basis.* (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande und Westphalien, 7e année, 1850.)

([2]) Clos, *Étude organographique de la Ficaria.* (Ann. des sc. nat., 3e sér., t. XVII, 1852.)

([3]) Germain de Saint-Pierre, *Journal de l'Institut,* janvier 1852, et *Bulletin de la Société botanique,* t. III, 1856.

([4]) Irmisch, *Zur Morphologie der Monocotyledonen Knollen- und Zwiebel-Gewächse,* en note, p. 229, 1850.

([5]) Sachs, *Traité de botanique,* 1874.

([6]) Van Tieghem, *loc. cit.*

adventif, tandis que les seconds se développent sur un bourgeon axillaire.

D'après Clos et M. Van Tieghem, les pieds dépourvus de tubercules axillaires produisent seuls des graines fécondes et les pieds bulbilifères seraient toujours stériles. M. Van Tieghem attribue cette stérilité à l'absence de pollen bien constitué. « Les cellules mères de pollen, au lieu de donner naissance aux grains ordinaires pour se résorber ensuite, ont, en se vidant, épaissi et ponctué leurs parois » et se sont réunies en une « longue masse fusiforme ». Cet auteur ajoute qu'il existe des caractères permettant de distinguer dès le plus jeune âge une plante de la variété fertile et une plante de la variété stérile. Ces caractères peuvent « se résumer en un excessif développement, chez la Ficaire stérile, de l'appareil végétatif et des racines adventives tuberculeuses, circonstance qui s'explique par les conditions de milieu où cette plante croît spontanément ».

Il existe une troisième race de *Ficaria* au Jardin botanique de Liége. Des observations qui y ont été faites, et que j'ai rapportées page 42, il résulte que les pieds bulbilifères y portent des étamines fertiles et forment des graines fécondes : on n'y a jamais vu ces longues masses fusiformes de cellules ponctuées dont parle M. Van Tieghem. Les pieds cultivés en plates-bandes, en plein soleil, dans un terrain sec, ne sont pas différents de ceux qui poussent spontanément au bord de l'étang, dans la pelouse et à l'ombre : on trouve des deux côtés des germinations spontanées au printemps et des bulbilles sur tous les pieds. Souvent plusieurs plantules sont tellement voisines qu'on peut les supposer produites par les graines d'un même fruit. Celui-ci est d'ailleurs enterré par la plante elle-même, car les pédoncules, dressés pendant la floraison, s'étalent plus tard horizontalement sur le sol et finissent par se courber vers le bas à leur extrémité un peu avant la maturité du fruit.

ERRATA. — Page 25, ligne 4, au lieu de 7, lire *0,7* et au lieu de 3, lire *0,3*.

ABRÉVIATIONS.

A. h.	Axe hypocotylé.
Alb.	Albumen.
Ass. pil.	Assise pilifère.
Ass sous-pil.	Assise sous pilifère.
Aut	Autour.
B^1.	Bois primaire.
B^2.	Bois secondaire.
Bg.	Bourgeon.
Bg. adv.	Bourgeon adventif.
Cal.	Calyptrogène.
Cav.	Cavité.
Cb.	Cambium.
Cbf.	Cambiforme.
Cf.	Coiffe.
Cont.	Contact.
Cot. a.	Cotylédon antérieur.
Cot. p.	Cotylédon postérieur.
Cyl. cent.	Cylindre central.
Dmtg.	Dermatogène.
End.	Endoderme.
Ep.	Épiderme.
ext.	Externe.
Faisc. caul.	Faisceau caulinaire.
Fais. cot.	Faisceau cotylédonaire.
Fe.	Feuille.
Fl.	Fleur.
int.	Interne.
Gr.	Graine.
L.	Faisceau latéral.
L^1.	Liber primaire.
L^2.	Liber secondaire.
L. cot.	Latéral cotylédonaire.
Lib.	Liber.
Lib. cot.	Liber cotylédonaire.
M.	Faisceau médian.
M. cot.	Faisceau médian cotylédonaire.
m.	Faisceau marginal.
M. p.	Méristème primitif.
P. lib.	Pôle libérien.
Par. cort.	Parenchyme cortical.
Pcb.	Procambium.
Péric.	Péricycle.
Rad.	Radicule.
Radi.	Radicelle.
R. p.	Racine principale.
S.	Suspenseur.
Sub.	Suber.
t^1.	Trachée initiale.
T. c.	Trachée du faisceau cotylédonaire.
Tf^{2e}.	Tissu fondamental secondaire externe.
Tf^{2i}.	Tissu fondamental secondaire interne.
t. R.	Trachée du faisceau de la racine.

PLANCHES.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

NIGELLA DAMASCENA.

L'embryon dans la graine mûre (page 5).

Fig. 1. — Extrémité inférieure de l'embryon (niveau de la coiffe).

Fig. 2. — Radicule.

Fig. 3. — Collet superficiel.

Fig. 4. — Milieu de l'hypocotyle.

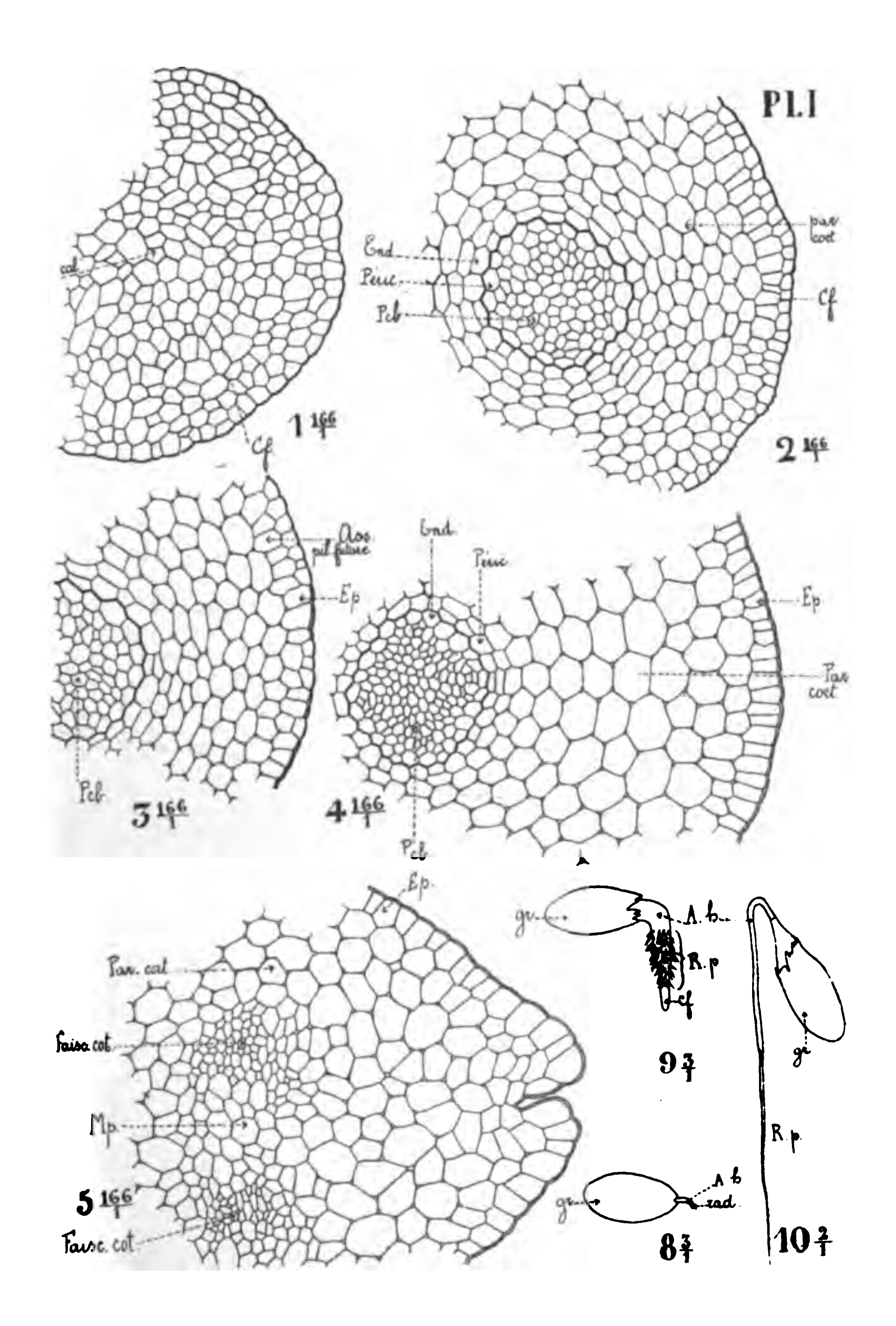
Fig. 5. — Collet interne.

Caractères extérieurs des plantules (page 9).

Fig. 8. — Stade I de la germination.

Fig. 9. — » II »

Fig. 10. — » III »



NIGELLA DAMASCENA. Embryon dans la graine mûre (suite).
Caractères extérieurs des plantules

R. Sterckx, ad. nat. del.

Pl. II

NIGELLA DAMASCENA. Embryon dans la graine mûre (suite).
Caractères extérieurs des plantules (suite).
Structure au milieu de l'hypocotyle.

R. Sterckx, ad. nat. del.



EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

NIGELLA DAMASCENA.

L'embryon dans la graine mûre (suite).

Fig. 6. — Milieu des cotylédons.

Fig. 7. — Coupe longitudinale suivant le plan principal de symétrie.

Caractères extérieurs des plantules (suite).

Fig. 11. — Stade IV de la germination.

Fig. 12. — » V »

Fig. 13. — » VI »

Structure au milieu de l'hypocotyle (page 9).

Fig. 14. — Au stade I.

Fig. 15. — » II.

Fig. 16. — » III.

Fig. 17. — » IV.

Fig. 17bis. — Portion périphérique au stade IV.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

NIGELLA DAMASCENA.

Structure au milieu de l'hypocotyle (suite).

Fig. 18. — Au stade V.

Fig. 19. — » VI.

Structure à la limite inférieure de l'hypocotyle (page 10).

Fig. 20. — Coupe dans le collet superficiel traversant à la fois la base de l'hypocotyle et le haut de la racine principale au stade II.

Fig. 21. — Coupe longitudinale dans le collet superficiel.

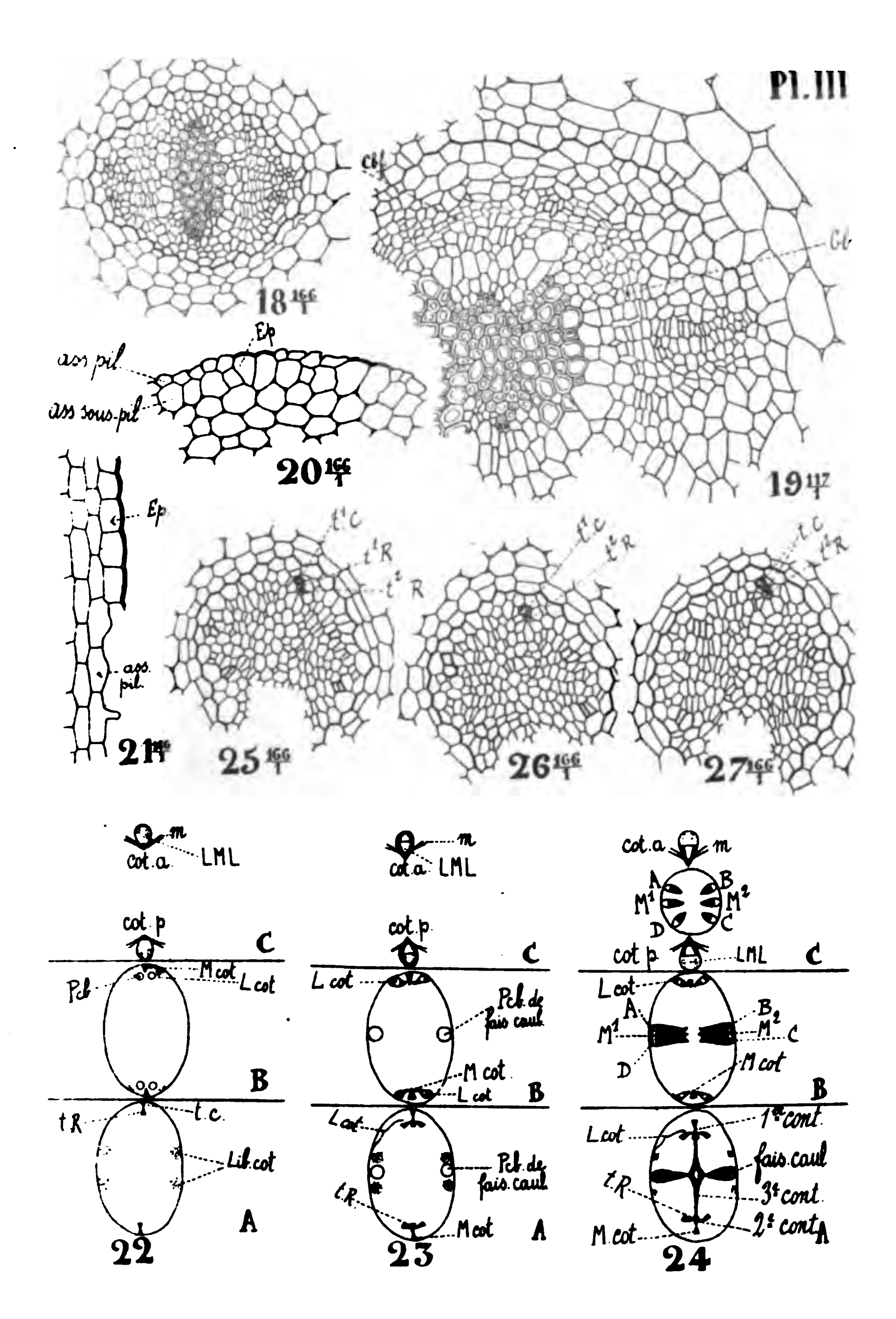
Structure dans la région d'insertion des cotylédons (page 10).

Fig. 22. — Schémas de la structure pendant la première période. *A*, 1er niveau (en dessous du nœud cotylédonaire); *B*, 2e niveau (moitié inférieure du nœud cotylédonaire); *C*, 3e niveau (moitié supérieure du nœud cotylédonaire).

Fig. 23. — Schémas de la structure pendant la 2e période.

Fig. 24. — » » » 3e »

Fig. 25, 26, 27. — Coupes successives dans le nœud cotylédonaire pendant la première période.

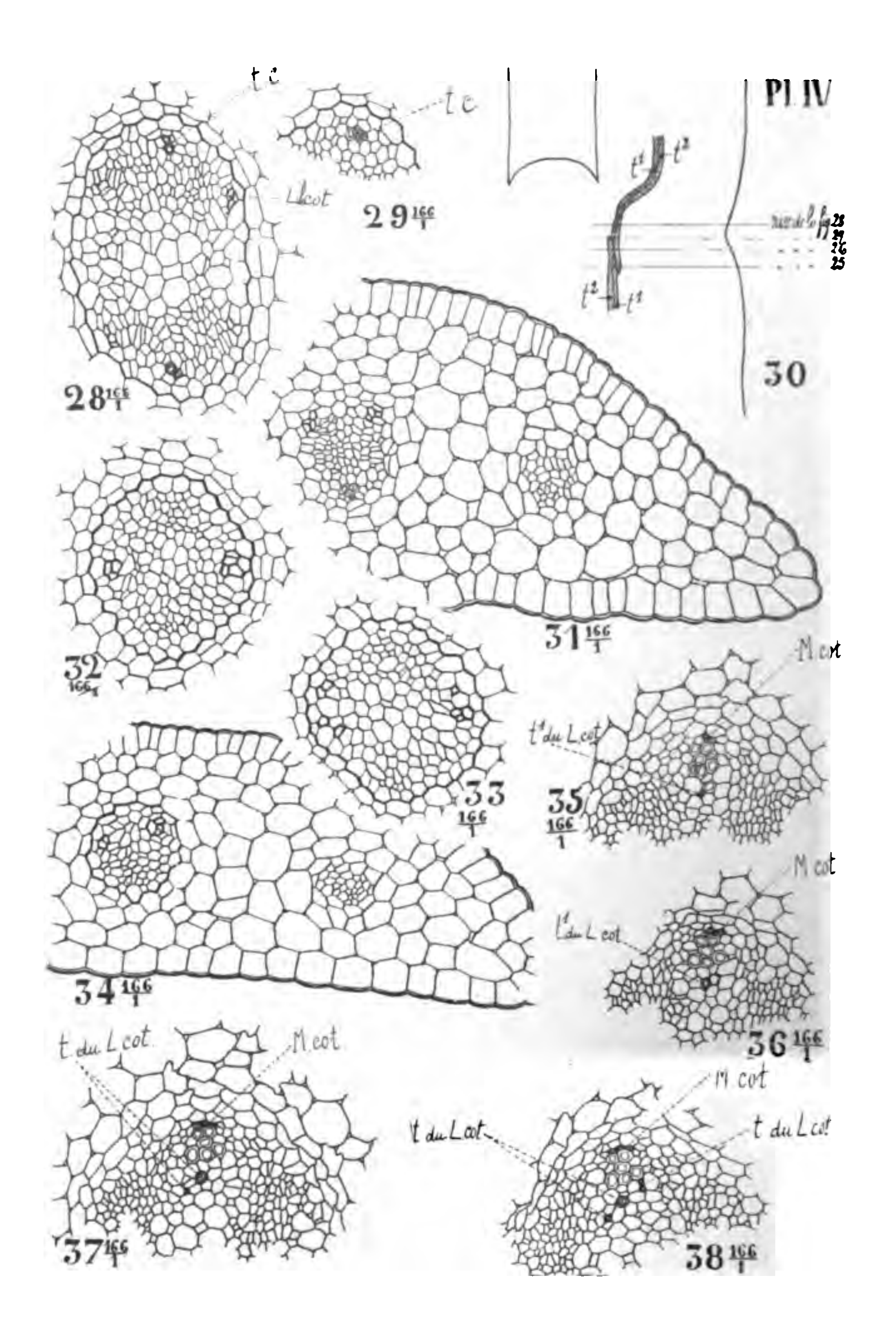


NIGELLA DAMASCENA. 1° milieu de l'hypocotyle (suite).

2° limite inférieure de l'hypocotyle.

3° région d'insertion des cotylédons.

R. Sterckx, ad. nat. del.



NIGELLA DAMASCENA. Région d'insertion des cotylédons (suite).

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

NIGELLA DAMASCENA.

Structure dans la région d'insertion des cotylédons **(suite).**

Fig. 28 et 29. — Coupes successives dans le nœud cotylédonaire pendant la première période. (Ces figures font suite aux figures 25, 26, 27 de la planche précédente.)

Fig. 30. — Figure schématique montrant au pôle antérieur le contact des trachées 1 et 2 de l'hypocotyle avec les trachées 1 et 2 du cotylédon.

Fig. 31. — Base du cotylédon pendant la première période.

Fig. 32. — Coupe en dessous du premier niveau dans une graine en germination prise tout au début de la première période.

Fig. 33. — Coupe au premier niveau dans la même graine.

Fig. 34. — Base du cotylédon de la même graine.

Fig. 35 à 38. — Coupes successives dans le nœud cotylédonaire pendant la deuxième période.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

NIGELLA DAMASCENA.

Structure dans la région d'insertion des cotylédons (suite).

Fig. 39 à 41. — Coupes successives dans le nœud cotylédonaire pendant la deuxième période. (Ces figures font suite aux figures 35 à 38 de la planche précédente.)

Fig. 42. — Base du pétiole cotylédonaire pendant la deuxième période.

Fig. 43. — Milieu du pétiole cotylédonaire pendant la deuxième période.

Fig. 44. — Moitié supérieure du pétiole cotylédonaire pendant la même période.

Fig. 45 et 46. — Coupes successives dans le nœud cotylédonaire pendant la troisième période.

Cotylédons (page 20).

Fig. 51. — Épiderme externe vu de face.

Fig. 52. — » interne »

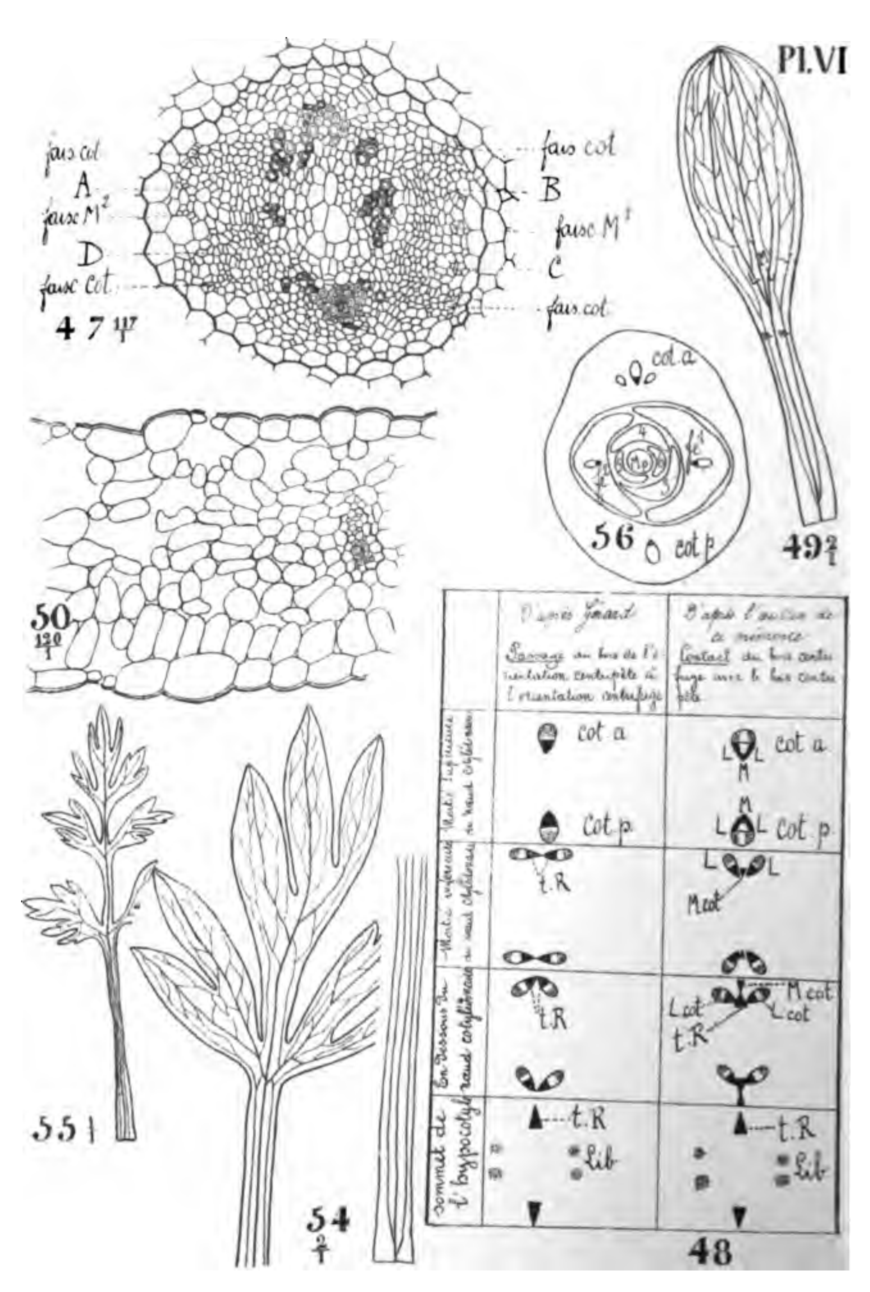
Pl. V

NIGELLA DAMASCENA. Région d'insertion des cotylédons (suite).

Structure des cotylédons.

R. Sterckx, ad. nat. del.





NIGELLA DAMASCENA. Région d'insertion des cotylédons (fin). Structure des cotylédons (fin). Premières feuilles

R. Cher..., ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VI.

NIGELLA DAMASCENA.

Structure dans la région d'insertion des cotylédons (fin).

Fig. 47. — Coupe dans le nœud cotylédonaire pendant la troisième période. (Cette figure fait suite aux figures 45 et 46 de la planche précédente).

Fig. 48. — Figure schématique résumant l'interprétation de M. Gérard et la mienne.

Cotylédons (fin).

Fig. 49. — Cotylédon complétement développé.

Fig. 50. — Milieu du limbe.

Premières feuilles (page 21).

Fig. 54. — Nervation de la feuille 1.

Fig. 55. — Feuille 2.

Fig. 56. — Coupe d'ensemble au niveau du bourgeon terminal au stade V.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

NIGELLA DAMASCENA.

Premières feuilles (fin).

Fig. 53 (*a, b, c, d, e*). — Diverses formes de la feuille 1.

Fig. 57. — Coupe d'ensemble au niveau du bourgeon terminal au stade VI.

Fig. 58. — Spire phyllotaxique d'une plantule ayant six feuilles visibles.

Fig. 59, 60, 61. — Milieu du pétiole dans des feuilles de plus en plus vigoureuses.

Fig. 62. — Faisceau médian du pétiole de la *fe*'.

Fig. 63. — Milieu du limbe de la *fe*'.

Fig. 64. — Épiderme interne de la même feuille.

Fig. 65. — » externe » »

Tige principale (page 24).

Fig. 66. — Parcours des faisceaux dans l'hypocotyle et la tige principale au stade VI.

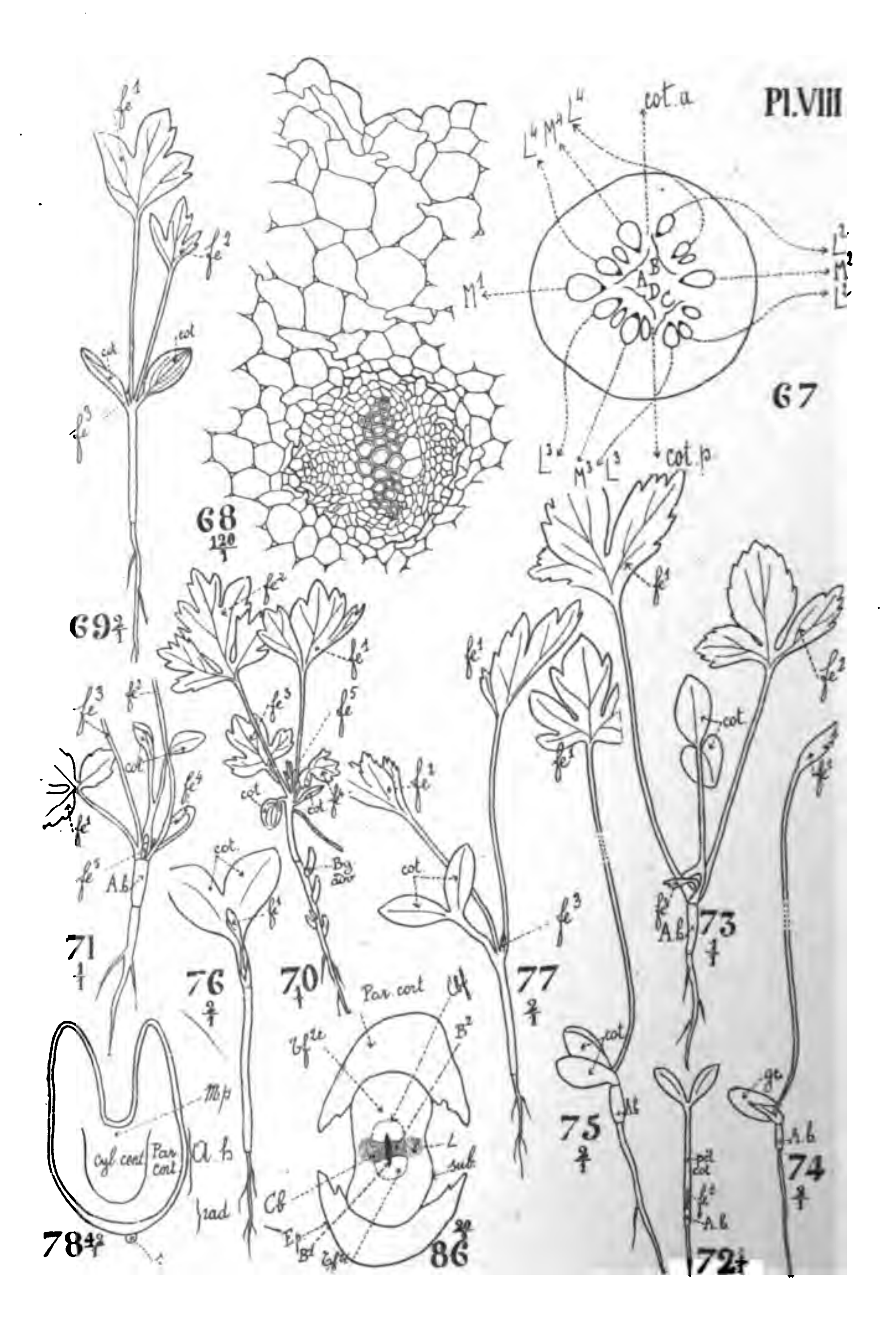
Pl. VII

NIGELLA DAMASCENA. Premières feuilles (fin).

Tige principale.

R. Sterckx. ad. nat. del.





NIGELLA DAMASCENA. Tige principale (fin). Racine principale.
Genre ANEMONE. Plantules, embryon, hypocotyle.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VIII.

NIGELLA DAMASCENA.

Tige principale (fin).

FIG. 67. — Projection horizontale des quatre premiers nœuds au stade VI.

Racine principale (page 24).

FIG. 68. — Racine principale au stade V.

GENRE *ANEMONE* (page 32).

FIG. 69. — Plantule d'*Anemone Pulsatilla.*

FIG. 70. — » d'*Anemone sylvestris.*

FIG. 71. — » d'*Anemone hortensis.*

FIG. 72 et 73. — Plantules d'*Anemone coronaria.*

FIG. 74 et 75. — » d'*Anemone nemorosa.*

FIG. 76 et 77. — » d'*Anemone apennina.*

FIG. 78. — Coupe longitudinale de l'embryon d'*Anemone narcissiflora.*

FIG. 86. — Milieu de l'hypocotyle d'*Anemone hortensis.*

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX.

GENRE *ANEMONE* (suite).

Fig. 79. — Coupe transversale de l'embryon d'*Anemone narcissiflora* au-dessus du méristème primitif de la tige principale.

Fig. 80. — Embryon d'*Anemone nemorosa.*

Fig. 81. — Coupe transversale de l'akène d'*Anemone nemorosa.*

Fig. 82. — Coupe longitudinale de l'akène d'*Anemone ranunculoides.*

Fig. 83. — Coupe tranversale dans le suspenseur de l'embryon d'*Anemone nemorosa.*

Fig. 84. — Coupe transversale vers le milieu de l'hypocotyle du même embryon.

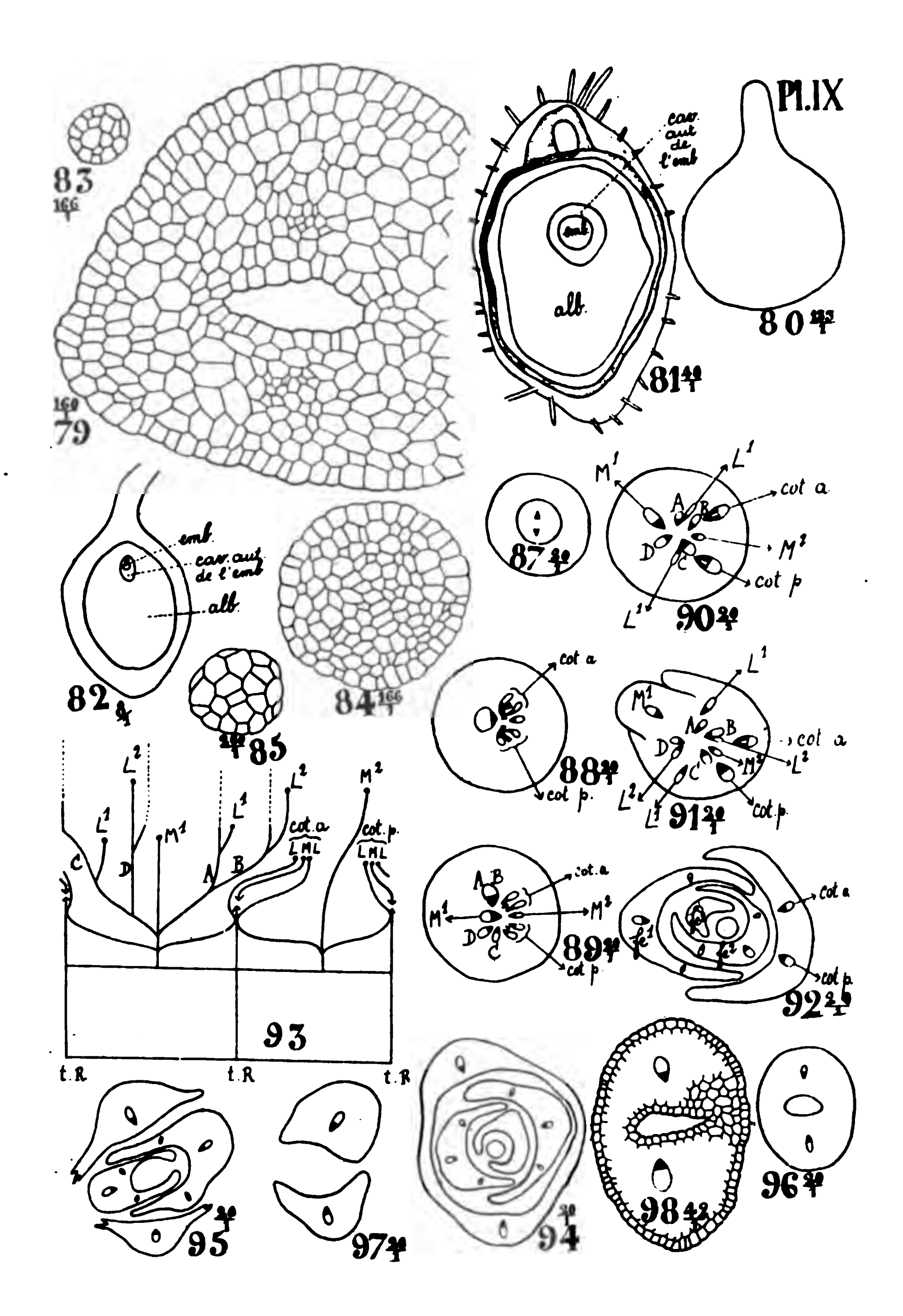
Fig. 86. — Coupe transversale un peu au-dessus du suspenseur de l'embryon d'*Anemone ranunculoides.*

Fig. 87 à 92. — Coupes successives dans l'hypocotyle, le nœud cotylédonaire et le bourgeon terminal d'*Anemone apennina.*

Fig. 93. — Parcours des faisceaux dans l'hypocotyle et la base de la tige principale de l'*Anemone apennina.*

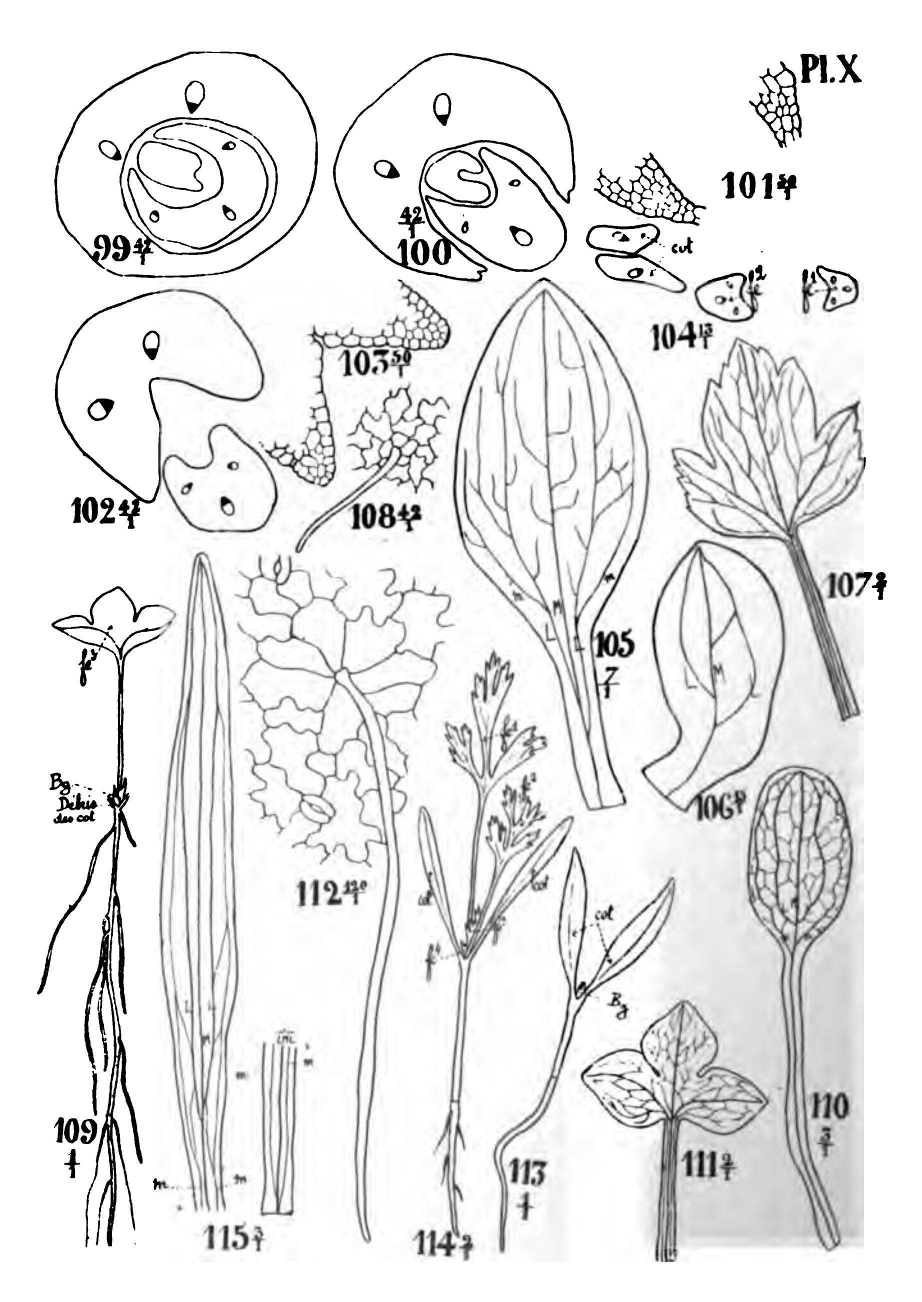
Fig. 94 à 97. — Coupes successives au-dessus du nœud cotylédonaire de l'*Anemone hortensis* et de l'*Anemone coronaria.*

Fig. 98. — Coupe 96 vue à un plus fort grossissement.



Genre ANEMONE (suite). Embryon, hypocotyle, cotylédons.

R. Sterckx, ad. nat. del.



Genre ANEMONE. (fin) Cotylédons et feuille 1.
HEPATICA TRILOBA. Plantule, cotylédon, feuille 1.
Genre ADONIS. Plantules et cotylédon.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE X.

GENRE *ANEMONE* (fin).

Fig. 99, 100 et 102. — Coupes successives au-dessus du nœud cotylédonaire de l'*Anemone apennina*.

Fig. 101. — Une partie de la figure 100 fortement grossie.

Fig. 103. — » » 102 » »

Fig. 104. — Coupe à la base des limbes cotylédonaires de l'*Anemone apennina*.

Fig. 105. — Cotylédon d'*Anemone Pulsatilla*.

Fig. 106. — » d'*Anemone nemorosa*.

Fig. 107. — Feuille 1 d'*Anemone apennina*.

Fig. 108. — Poil de la feuille 1 d'*Anemone apennina*.

HEPATICA TRILOBA (page 36).

Fig. 109. — Plantule d'*Hepatica triloba*.

Fig. 110. — Cotylédon.

Fig. 111. — Feuille 1.

Fig. 112. — Épiderme externe de la feuille 1.

GENRE *ADONIS* (page 37).

Fig. 113. — Plantule d'*Adonis annua*.

Fig. 114. — » d'*Adonis automnalis*.

Fig. 115. — Cotylédon d'*Adonis automnalis*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI.

GENRE *ADONIS* (fin).

Fig. 116. — Projection des six premiers nœuds de l'*Adonis annua*.

Fig. 117. — Feuille 2 d'*Adonis automnalis*.

Fig. 118. — Parcours des faisceaux dans l'hypocotyle et la base de la tige principale d'*Adonis annua*.

GENRES *MYOSURUS* ET *CERATOCEPHALUS* (page 38).

Fig. 119. — Plantule de *Myosurus minimus*.

Fig. 120. — Plantule de *Ceratocephalus falcatus*.

Fig. 121. — Coupe transversale de la graine de *Myosurus minimus*.

Fig. 122. — Coupe vers le bas de l'hypocotyle de l'embryon de *Myosurus minimus*.

Fig. 123. — Coupe dans la moitié supérieure d'un cotylédon du même embryon.

Fig. 124. — Cotylédon de *Myosurus minimus*.

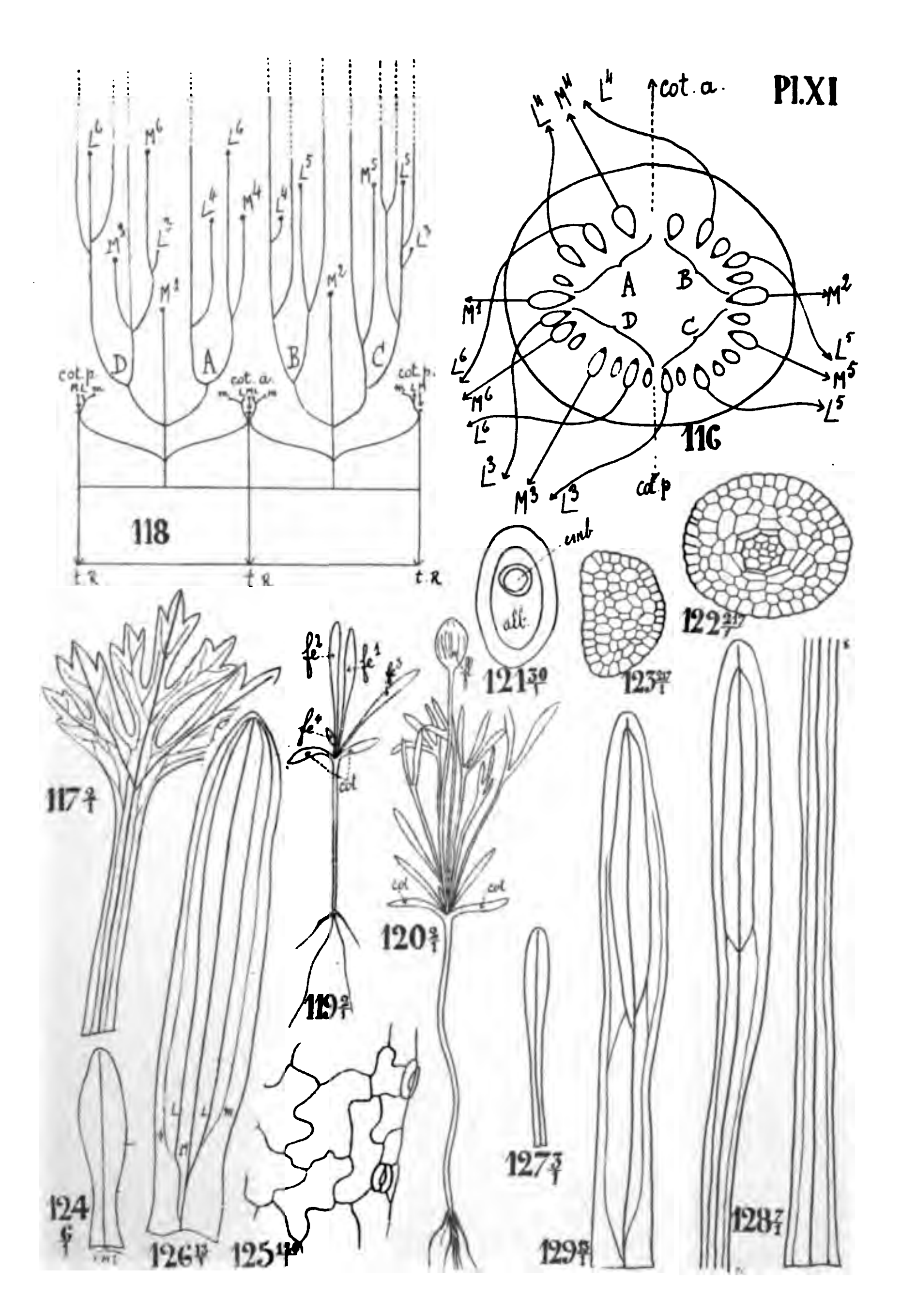
Fig. 125. — Épiderme externe du même.

Fig. 126. — Cotylédon de *Ceratocephalus falcatus*.

Fig. 127. — Feuille 1 de *Myosurus minimus*.

Fig. 128. — Feuille 4 de *Myosurus minimus*.

Fig. 129. — Feuille 1 de *Ceratocephalus falcatus*.



Genre **ADONIS** (fin) Feuilles et tige principale.
Genres **MYOSURUS** et **CERATOCEPHALUS**.

Plantules, embryon, cotylédons, feuilles.

R. Sterckx, ad. nat. del.

PL.XII

Genres **MYOSURUS** et **CERATOCEPHALUS** (fin)

Feuilles et nœud cotylédonaire.

Genre **RANUNCULUS**. Plantules et cotylédons, feuille 1.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII.

GENRES *MYOSURUS* ET *CERATOCEPHALUS* (fin).

Fig. 130. — Feuille 6 de *Ceratocephalus falcatus*.

Fig. 131. — Coupe dans le nœud cotylédonaire du *Myosurus minimus*.

GENRE *RANUNCULUS* (page 40).

Fig. 132. — Plantule de *Ranunculus cornutus*.

Fig. 133. — » » *tuberosus*.

Fig. 134. — » » *creticus*.

Fig. 135. — » » *asiaticus*.

Fig. 136. — » » *bulbosus*.

Fig. 137. — » » *cherophyllos*.

Fig. 138. — » » *chius*.

Fig. 139. — » » *acris*.

Fig. 140. — » » *muricatus*.

Fig. 141. — » » *sceleratus*.

Fig. 142. — Cotylédon de *Ranunculus acris*.

Fig. 143. — » » *sceleratus*.

Fig. 144. — » » *cherophyllos*.

Fig. 145. — Feuille 1 de *Ranunculus sceleratus*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII.

GENRE *RANUNCULUS* (fin).

Fig. 146. — Cotylédon de *Ranunculus muricatus*.

Fig. 147. — Cotylédon de *Ranunculus cornutus*.

Fig. 148. — Feuille 1 de *Ranunculus cherophyllos*.

Fig. 149. — Feuille 1 de *Ranunculis acris*.

Fig. 150. — Épiderme supérieur de la feuille 1 de *Ranunculus tuberosus*.

FICARIA RANUNCULOIDES (page 42).

Fig. 151. — Coupe transversale de l'akène de *Ficaria ranunculoides*.

Fig. 152. — Embryon dans la graine mûre.

Fig. 153. — Coupe transversale vers le tiers inférieur de l'embryon.

Fig. 154 (*A*). — Embryon deux mois après le semis (vu de face).

Fig. 155. — Le même vu de profil.

Fig. 156 (*B*). — Embryon quatre mois après le semis (vu de face).

Fig. 157. — Le même vu de dos.

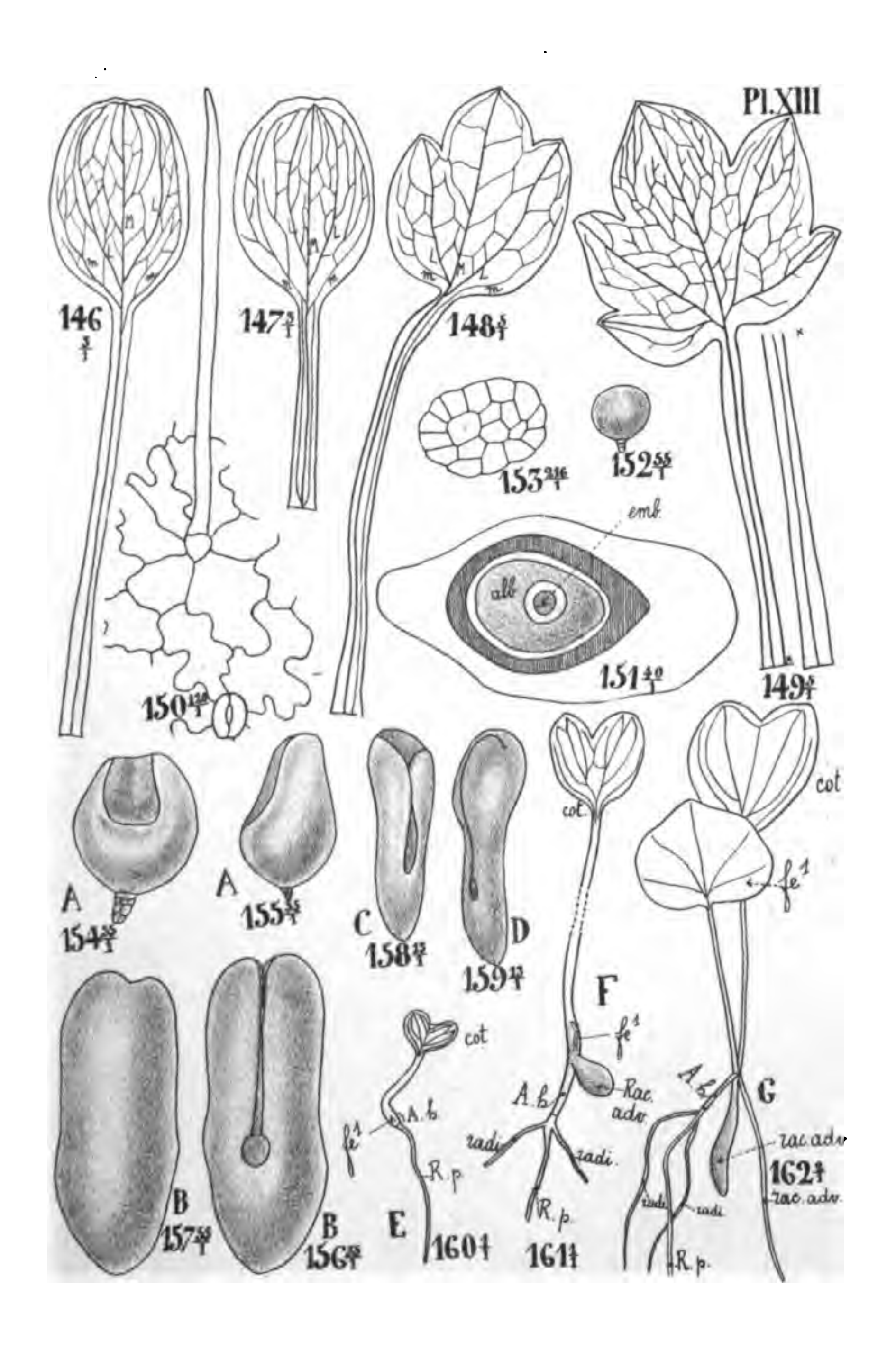
Fig. 158 (*C*). — Embryon au milieu de l'année qui suit le semis.

Fig. 159 (*D*). — Embryon en automne de la même année.

Fig. 160 (*E*). — Plantule au printemps de la deuxième année qui suit le semis.

Fig. 161 (*F*). — La même quelques jours plus tard.

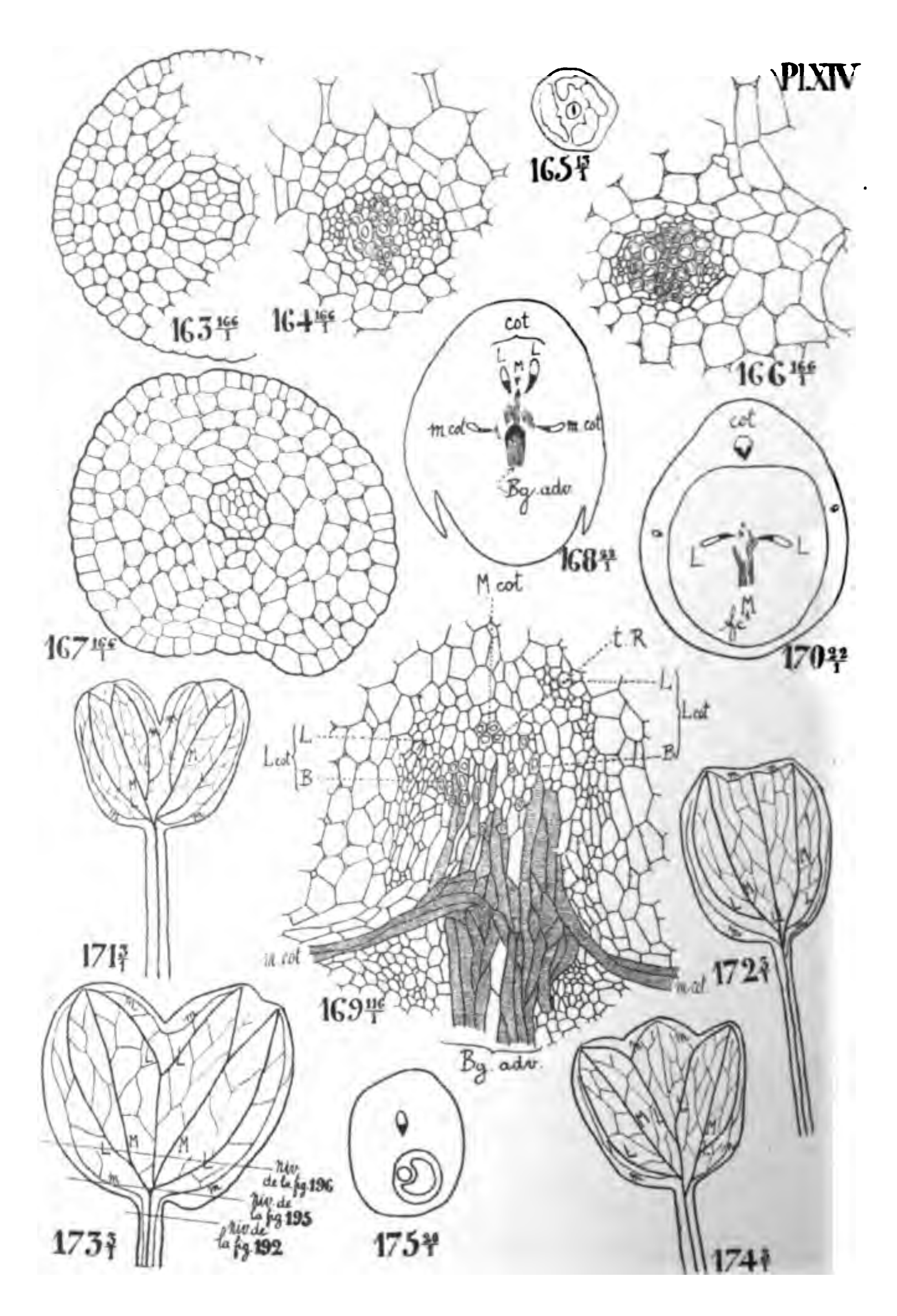
Fig. 162 (*G*). — Plantule ayant exceptionnellement développé la feuille 1 la même année que les cotylédons.



Genre RANUNCULUS.(fin). cotylédons et feuille 1.

FICARIA RANUNCULOÏDES. embryons et plantules.

R. Sterckx, ad. nat. del.



FICARIA RANUNCULOÏDES.(suite) Hypocotyle et cotylédons.

R. Sterckx. ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIV.

FICARIA RANUNCULOIDES (suite).

Fig. 163. — Milieu de l'hypocotyle au stade A.

Fig. 164. — Partie centrale de la coupe précédente fortement grossie.

Fig. 165. — Milieu de l'hypocotyle au stade F.

Fig. 166. — Portion de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 167. — Coupe au-dessus du nœud cotylédonaire au stade A.

Fig. 168. — Nœud cotylédonaire de la plantule E.

Fig. 169. — Partie centrale de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 170. — Insertion des faisceaux de la feuille 1.

Fig. 171 à 174. — Cotylédons.

Fig. 175. — Sommet végétatif de la plantule E.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XV.

FICARIA RANUNCULOIDES (suite).

Fig. 176 et 177. — Cotylédons.

Fig. 178. — Cotylédon du radis.

Fig. 179 et 180. — Deux coupes successives dans le sommet végétatif de la plantule F.

Fig. 181. — Base des pétioles cotylédonaires de l'embryon C.

Fig. 182. — Base des pétioles cotylédonaires de la plantule F (ouverture de la cavité d'invagination).

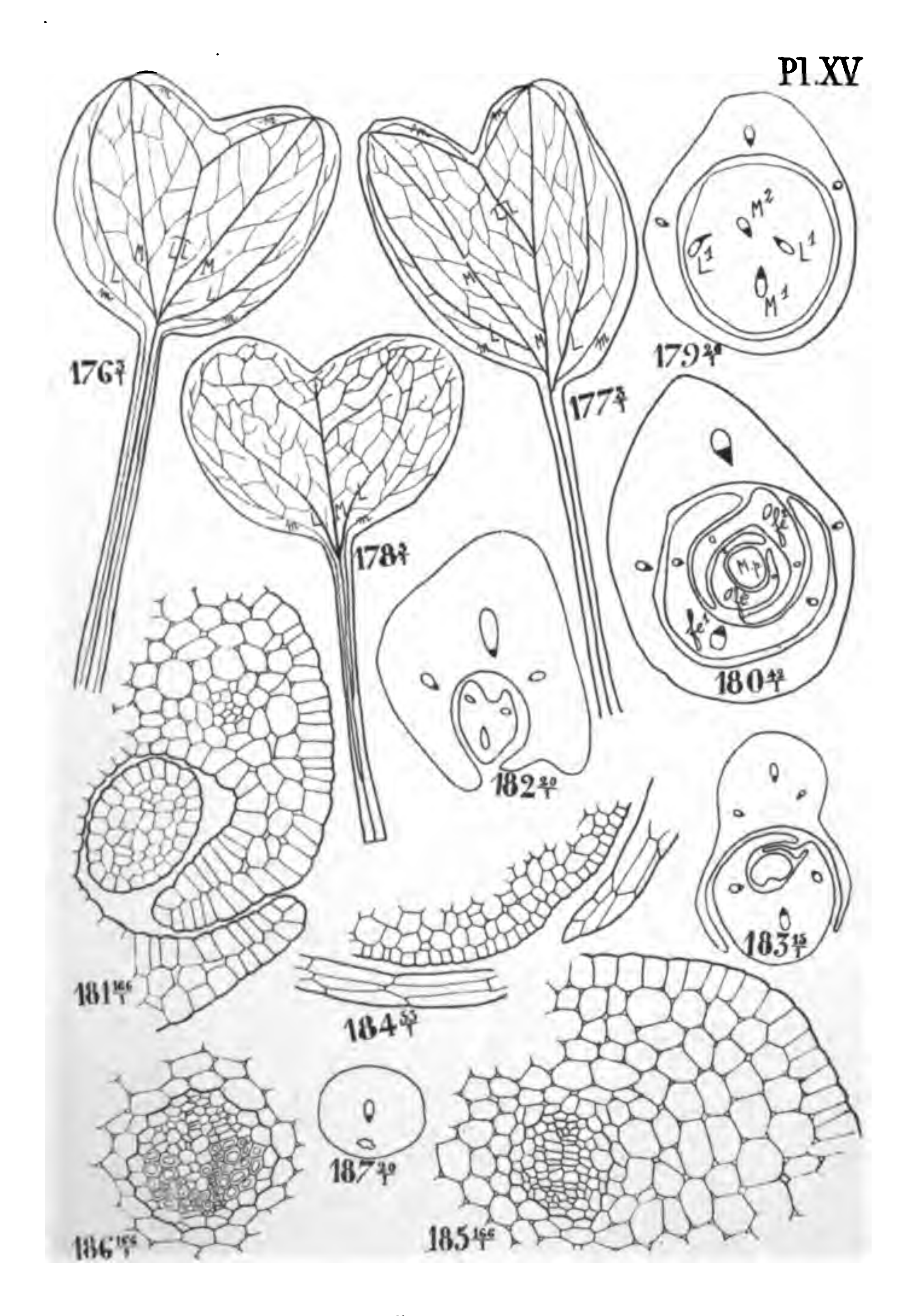
Fig. 183. — Base des pétioles cotylédonaires de la plantule G (ouverture de la cavité d'invagination).

Fig. 184. — Coupe un peu en dessous de la précédente (la gaine cotylédonaire est un peu distendue et déchirée en face de la feuille 1).

Fig. 185. — Médian cotylédonaire à la base de la gaine dans l'embryon C : différenciation libérienne.

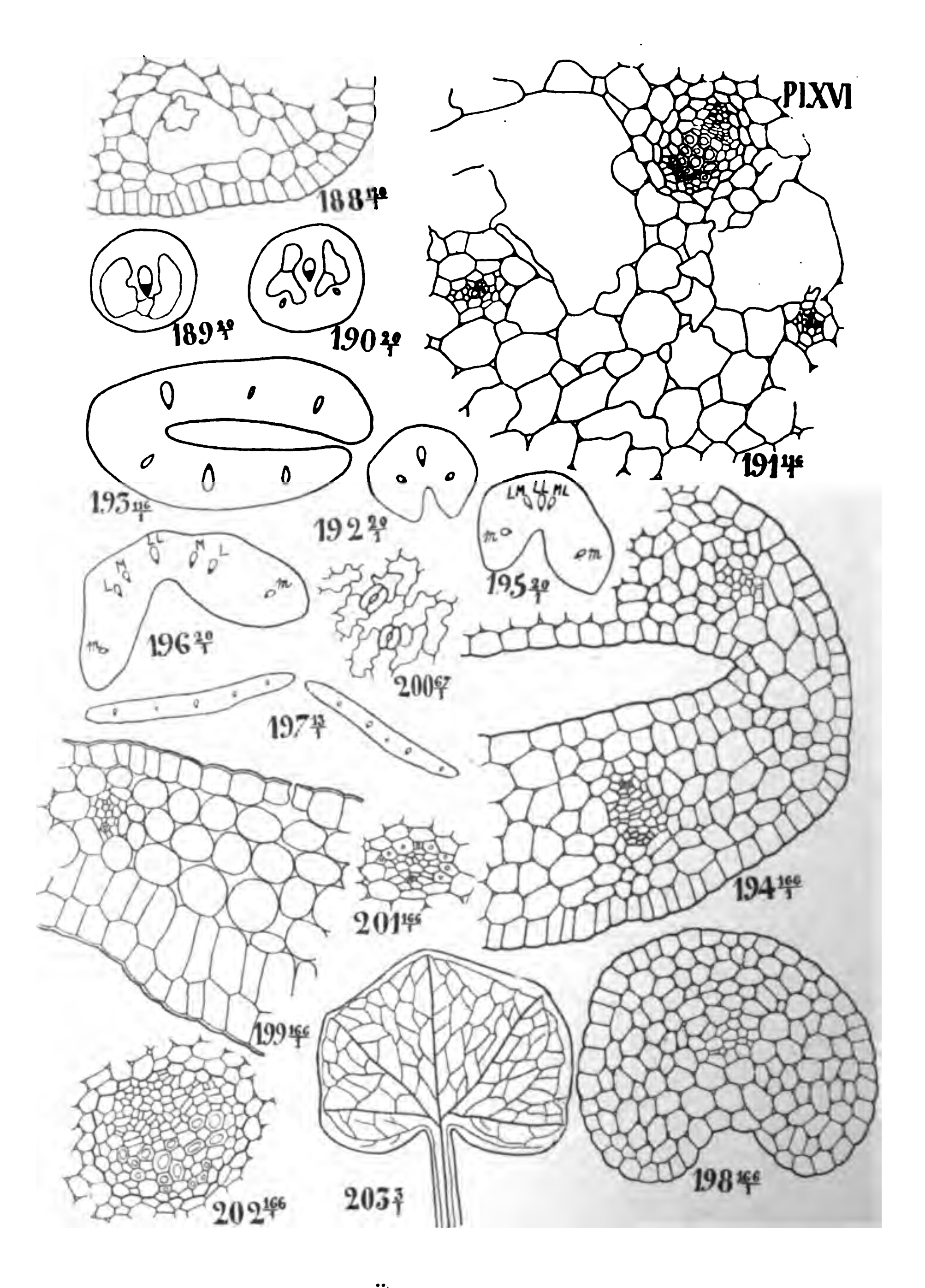
Fig. 186. — Le même dans la plantule E.

Fig. 187. — Milieu du tube cotylédonaire dans la plantule E.



FICARIA RANUNCULOÏDES.(suite) cotylédons

R. Sterckx. ad. nat. del.



FICARIA RANUNCULOÏDES. (suite) cotylédons et feuille 1.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVI.

FICARIA RANUNCULOIDES (suite).

Fig. 188. — Portion de la coupe 187 plus fortement grossie.

Fig. 189. — Milieu du tube cotylédonaire d'une plantule F dépourvue de faisceaux marginaux.

Fig. 190. — Milieu du tube cotylédonaire d'une plantule F pourvue de faisceaux marginaux.

Fig. 191. — Portion de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 192, 195 et 196. — Coupes successives dans le haut du tube cotylédonaire de la plantule F.

Fig. 193. — Coupe vers le haut du tube dans l'embryon D.

Fig. 194. — Portion de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 197. — Sommet du limbe bilobé dans la plantule F.

Fig. 198. — Milieu du limbe cotylédonaire de l'embryon A.

Fig. 199. — Milieu du limbe cotylédonaire de la plantule F.

Fig. 200. — Épiderme externe du cotylédon.

Fig. 201. — Faisceau médian de la feuille 1 dans le sommet végétatif de F.

Fig. 202. — Le même dans la plantule G.

Fig. 203. — Feuille 1.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVII.

FICARIA RANUNCULOIDES (fin).

Fig. 204. — Racine principale de F.

Fig. 205. — Partie centrale de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 206. — Insertion d'une radicelle.

Fig. 207. — Portion de la coupe précédente vue sous un plus fort grossissement.

Fig. 208. — Insertion d'un bourgeon sur l'hypocotyle en dessous du nœud cotylédonaire, et insertion d'une racine adventive sur ce bourgeon (plantule F).

Fig. 209. — Partie centrale d'une racine adventive tubérisée.

Fig. 210. — Portion périphérique de la même.

Fig. 211. — Insertion d'une racine adventive un peu au-dessous du bourgeon adventif dans la plantule G.

CALTHA PALUSTRIS (page 49).

Fig. 212. — Une plantule de *Caltha palustris*.

Fig. 213. — Cotylédon.

Fig. 214. — Coupe dans le bourgeon terminal.

Fig. 214bis. — Coupe un peu au-dessus de la précédente : ouverture de la gaine de la feuille 1.

Fig. 215. — Feuille 1.

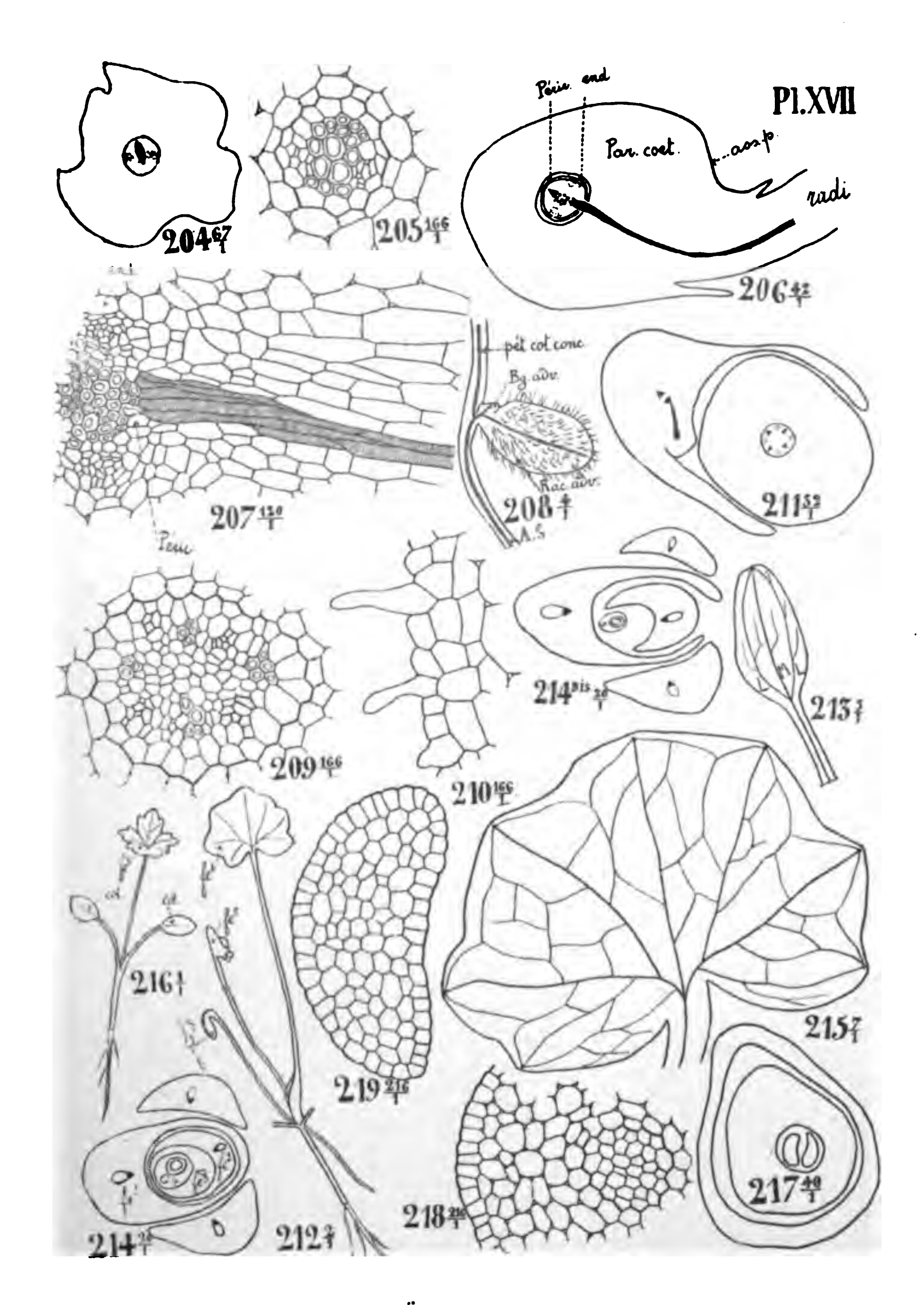
TROLLIUS EUROPÆUS (page 50).

Fig. 216. — Plantule de *Trollius europaeus*.

Fig. 217. — Coupe transversale de la gaine au niveau des cotylédons.

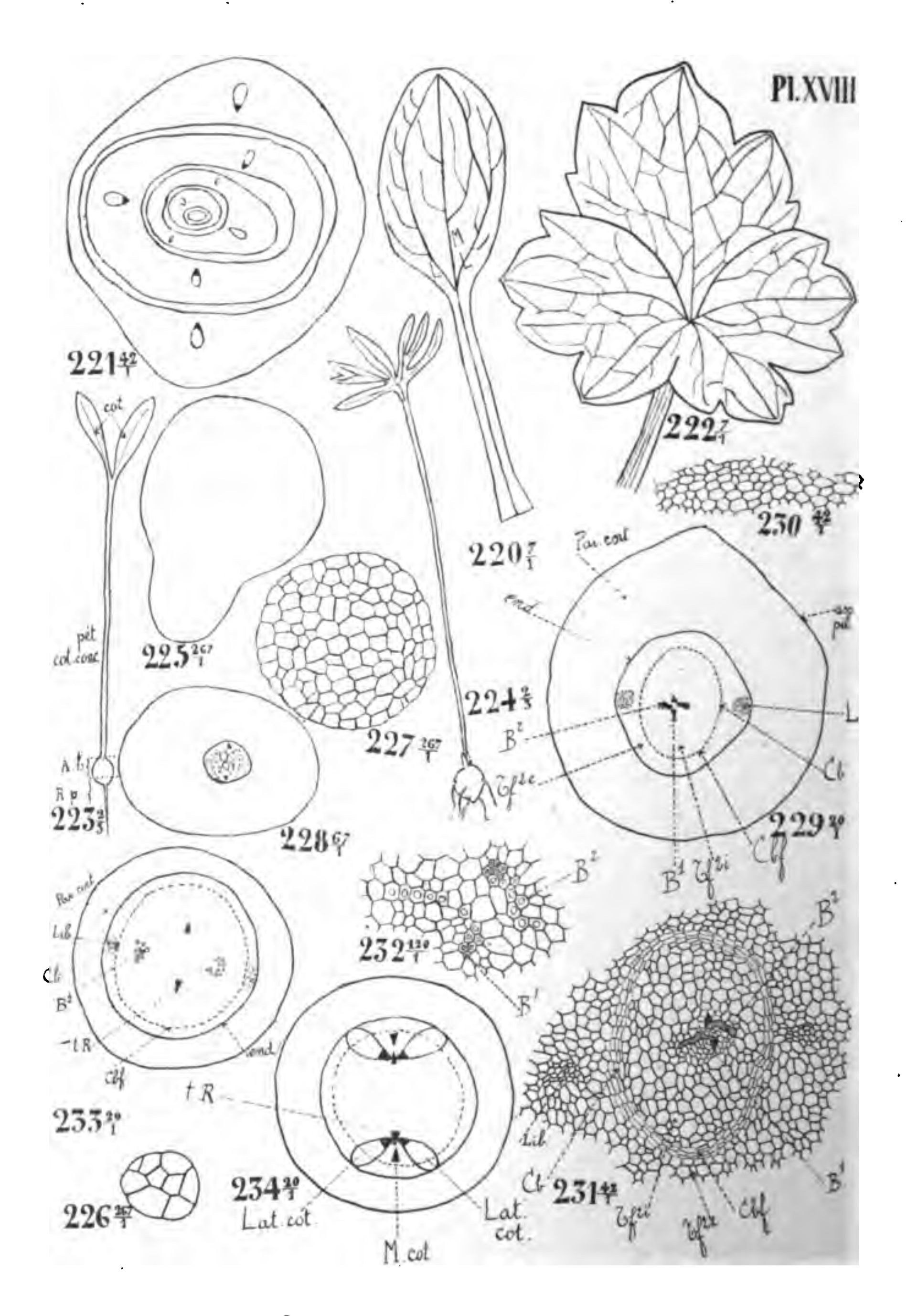
Fig. 218. — Milieu de l'hypocotyle de l'embryon.

Fig. 219. — Un cotylédon dans l'embryon.



FICARIA RANUNCULOÏDES.(fin). Racines.
CALTHA PALUSTRIS. Plantule, cotylédon, feuille 1.
TROLLIUS EUROPŒUS. Plantule et embryon.

R. Sterckx, ad nat. del.



TROLLIUS EUROPŒUS (fin). cotylédons et feuille 1.

ERANTHIS HIEMALIS. Plantules, embryon, racine principale, tubercule.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XVIII.

TROLLIUS EUROPÆUS (fin).

Fig. 220. — Cotylédon développé.

Fig. 221. — Coupe dans le bourgeon terminal.

Fig. 222. — Feuille 1.

ERANTHIS HIEMALIS (page 51).

Fig. 223. — Plantule d'*Eranthis hiemalis*, la deuxième année.

Fig. 224. — Plantule au printemps de la troisième année.

Fig. 225. — Embryon.

Fig. 226. — Coupe dans le suspenseur de l'embryon.

Fig. 227. — Coupe vers le milieu de l'embryon.

Fig. 228. — Racine principale de la plantule représentée par la figure 223.

Fig. 229. — Coupe à la base du tubercule.

Fig. 230. — Portion périphérique de la coupe précédente.

Fig. 231. — Portion centrale.

Fig. 232. — Partie centrale de la coupe précédente plus fortement grossie.

Fig. 233. — Coupe vers le milieu du tubercule.

Fig. 234. — Coupe un peu au-dessous du nœud cotylédonaire (sommet du tubercule).

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIX.

ERANTHIS HIEMALIS (suite).

Fig. 235. — Portion de la coupe 234 plus fortement grossie.

Fig. 236. — Coupe dans le nœud cotylédonaire.

Fig. 237. — Coupe dans le bourgeon terminal.

Fig. 238, 239, 240, 241, 243, 245. — Coupes successives vers la base du tube cotylédonaire.

Fig. 242. — Portion de la coupe 241.

Fig. 244. — Portion périphérique de la coupe 243.

Fig. 246. — Coupe longitudinale schématique dans la base du tube cotylédonaire et le sommet végétatif.

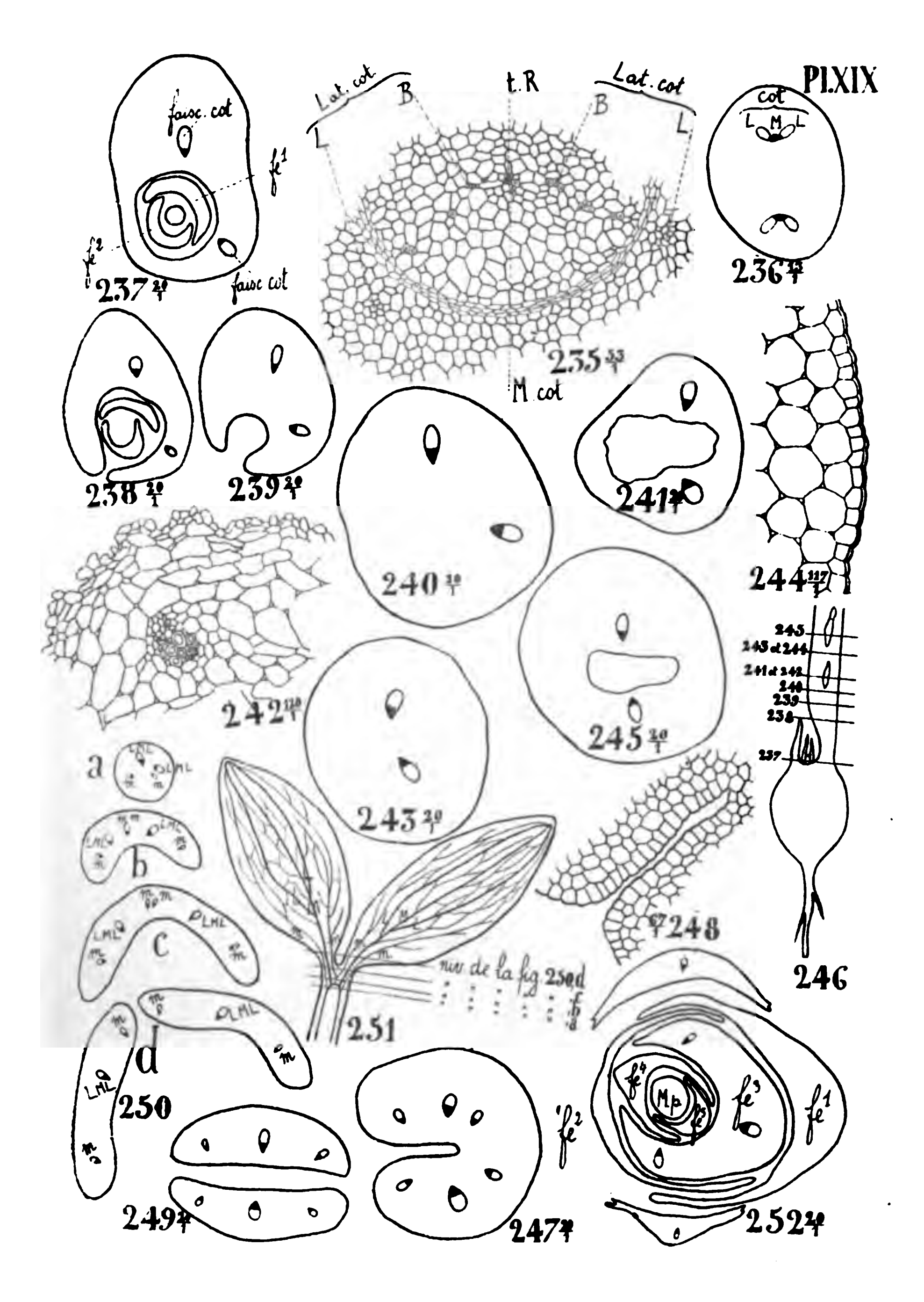
Fig. 247 et 249. — Coupes successives vers le sommet des pétioles concrescents.

Fig. 248. — Portion de la coupe 247 fortement grossie.

Fig. 250, *a*, *b*, *c*, *d*. — Coupes successives vers le sommet des pétioles concrescents d'un autre individu.

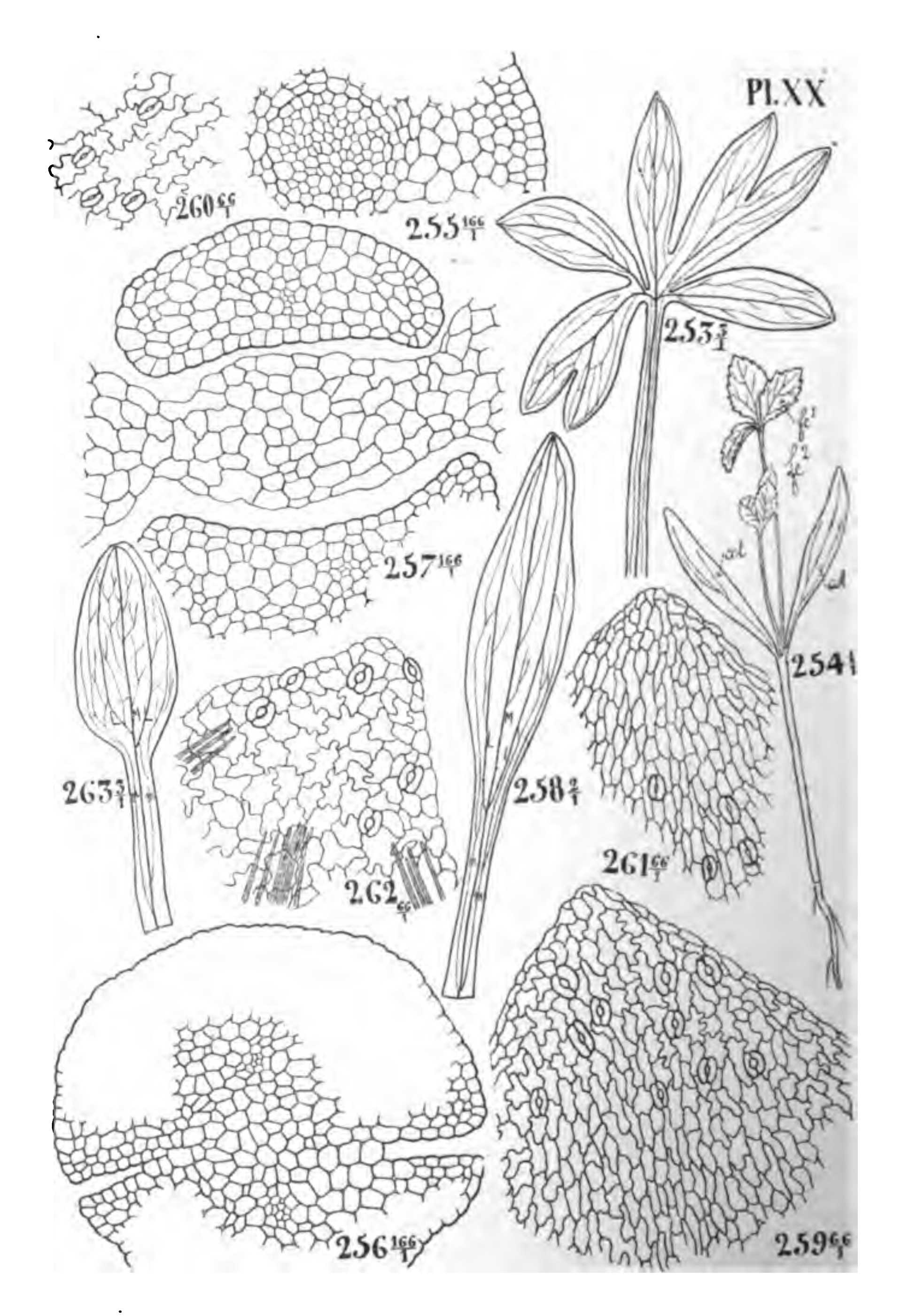
Fig. 251. — Cotylédon.

Fig. 252. — Coupe dans le bourgeon terminal de la plantule représentée par la figure 224.



ERANTHIS HIEMALIS (suite) tubercule et cotylédons.

R. Sterckx, ad. nat. del.



ERANTHIS HIEMALIS. (fin) feuille 3
HELLEBORUS FŒTIDUS. Plantule, embryon, cotylédon, feuille 1.
GARIDELLA NIGELLASTRUM. cotylédon.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XX.

ERANTHIS HIEMALIS (fin).

Fig. 253. — Feuille 3 (première feuille végétative).

HELLEBORUS FŒTIDUS (page 55).

Fig. 254. — Plantule d'*Helleborus fœtidus*.

Fig. 255. — Coupe vers le milieu de l'hypocotyle de l'embryon.

Fig. 256. — Coupe dans le nœud cotylédonaire de l'embryon.

Fig. 257. — Coupe dans l'embryon au milieu des cotylédons.

Fig. 258. — Cotylédon développé.

Fig. 259. — Épiderme interne vers le sommet du cotylédon.

Fig. 260. — Épiderme externe du cotylédon.

Fig. 261. — Épiderme externe vers le sommet du cotylédon.

Fig. 262. — Sommet de la feuille 1, face interne.

GARIDELLA NIGELLASTRUM (page 56).

Fig. 263. — Cotylédon de *Garidella nigellastrum*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXI.

GARIDELLA NIGELLASTRUM (fin).

FIG. 264. — Plantule.

FIG. 265. — Feuille 1.

GENRE *NIGELLA* (page 56).

FIG. 266. — Plantule de la *Nigella arvensis*.

FIG. 267. — » » » *orientalis*.

FIG. 268. — Cotylédon de » *arvensis*.

AQUILEGIA VULGARIS (page 57).

FIG. 269. — Plantule d'*Aquilegia vulgaris*.

FIG. 270. — Milieu de l'hypocotyle de la même (portion périphérique).

FIG. 271. — Cotylédon.

FIG. 272. — Feuille 1.

ISOPYRUM FUMAROIDES (page 58).

FIG. 273. — Plantule d'*Isopyrum fumaroides*.

FIG. 274. — Coupe transversale de la graine au niveau des cotylédons.

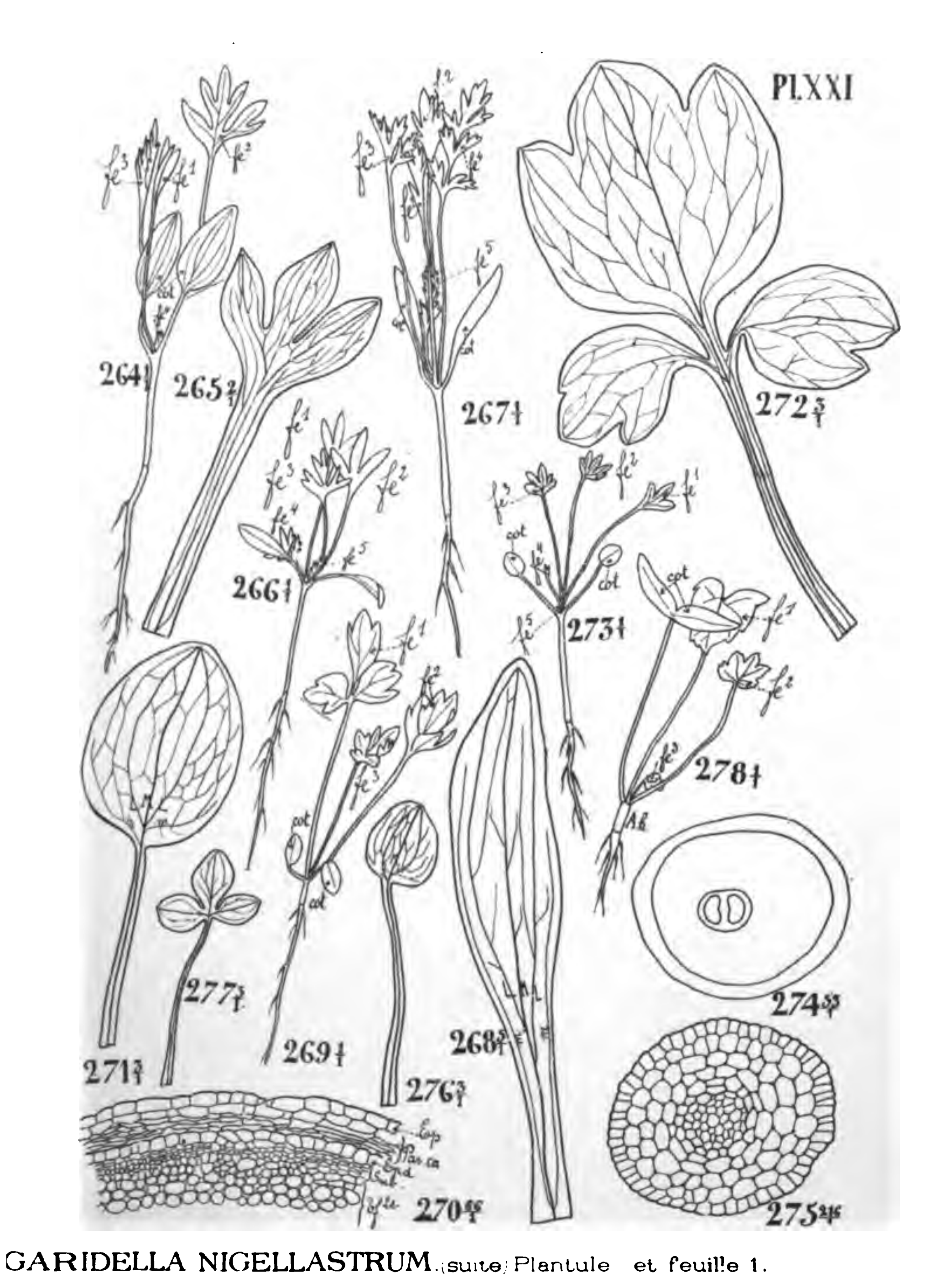
FIG. 275. — Milieu de l'hypocotyle de l'embryon.

FIG. 276. — Cotylédon.

FIG. 277. — Feuille 1.

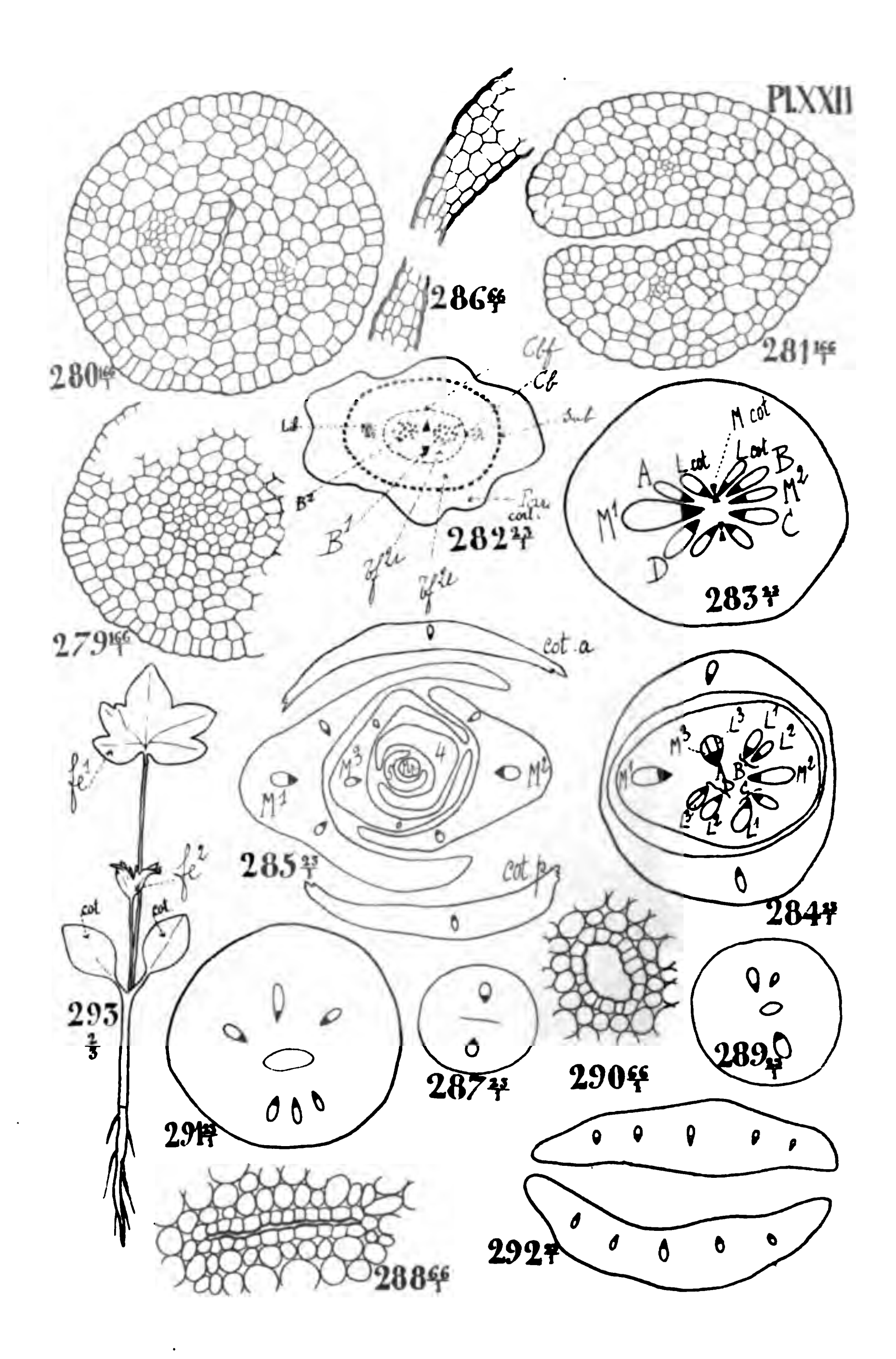
DELPHINIUM NUDICAULE (page 59).

FIG. 278. — Plantule de *Delphinium nudicaule*.



GARIDELLA NIGELLASTRUM (suite) Plantule et feuille 1.
genre NIGELLA. Plantules et cotylédon.
AQUILEGIA VULGARIS. Plantule, hypocotyle, cotylédon, feuille 1.
ISOPYRUM FUMARIOÏDES. Plantule, Embryon, hypocotyle, cotylédon, feuille 1.
DELPHINIUM NUDICAULE. Plantule.

R. Sterckx, ad. nat. del.



DELPHINIUM NUDICAULE (fin) Embryon, hypocotyle, cotylédons.
genre AGONITUM. Plantule d'A. UNCINATUM.

R. Sterckx, ad. nat. del.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXII.

DELPHINIUM NUDICAULE (fin).

FIG. 279. — Coupe transversale vers le milieu de l'hypocotyle de l'embryon de *Delphinium nudicaule*.

FIG. 280 et 281. — Coupes successives dans l'embryon un peu au-dessus du méristème primitif de la tige principale.

FIG. 282. — Milieu de l'hypocotyle d'une plantule.

FIG. 283. — Coupe dans le nœud cotylédonaire d'une plantule.

FIG. 284 et 285. — Coupes successives au-dessus du nœud cotylédonaire.

FIG. 286. — Portion fortement grossie d'une coupe au-dessus du nœud cotylédonaire.

FIG. 287. — Coupe à la base du tube cotylédonaire.

FIG. 288. — Portion centrale de la coupe précédente plus fortement grossie.

FIG. 289. — Coupe vers le sommet du tube cotylédonaire.

FIG. 290. — Portion centrale de la coupe précédente plus fortement grossie.

FIG. 291 et 292. — Coupes successives vers la base du limbe.

GENRE *ACONITUM* (page 62).

FIG. 293. — Plantule d'*Aconitum uncinatum*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIII.

GENRE *ACONITUM* (fin).

Fig. 294. — Plantule d'*Aconitum volubile.*

Fig. 295. — » » *stoerkianum.*

Fig. 296. — Cotylédon d'*Aconitum uncinatum.*

Fig. 297. — Bord de la face interne de la feuille 1 d'*Aconitum uncinatum.*

Fig. 298. — Feuille 1 du même.

CIMICIFUGA RACEMOSA (page 63).

Fig. 299. — Plantule de *Cimicifuga racemosa.*

Fig. 300. — Bord d'un cotylédon du même.

Fig. 301. — Cotylédon.

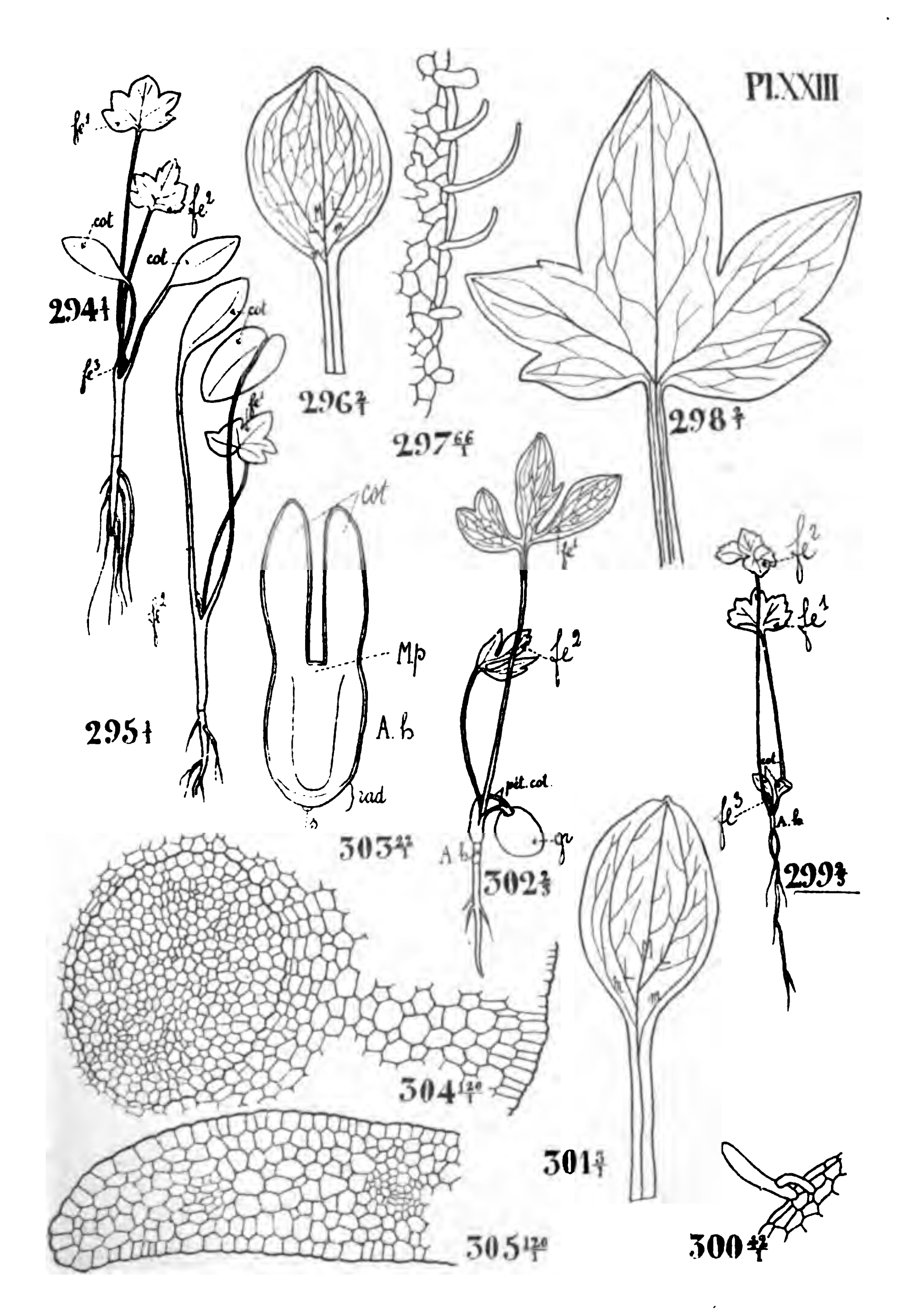
PÆONIA OFFICINALIS (page 64).

Fig. 302. — Plantule de *Paeonia officinalis.*

Fig. 303. — Coupe longitudinale de l'embryon.

Fig. 304. — Milieu de l'hypocotyle de l'embryon.

Fig. 305. — Un cotylédon dans l'embryon.



Genre ACONITUM.(fin) Plantule, cotylédon, feuille 1.

CIMICIFUGA RACEMOSA. Plantule et cotylédon.

PŒONIA OFFICINALIS. Plantule et Embryon.

R. Sterckx, ad. nat. del.

Pl. XXIV

306 $\frac{120}{1}$ 307 $\frac{120}{1}$

Faisc cot M p

308 $\frac{120}{1}$ 310 $\frac{120}{1}$

309 $\frac{120}{1}$ 311 $\frac{3}{1}$ 312 $\frac{66}{1}$

PŒONIA OFFICINALIS..fin: Embryon, hypocotyle, cotylédons.

R. Sterckx, ad. nat. del.



EXPLICATION DE LA PLANCHE XXIV.

PÆONIA OFFICINALIS (fin).

FIG. 306. — Nœud cotylédonaire de l'embryon.

FIG. 307. — Milieu de l'hypocotyle de la plantule représentée par la figure 302, partie centrale.

FIG. 308. — Milieu de l'hypocotyle de la même plantule, portion périphérique.

FIG. 309. — Collet interne, partie centrale.

FIG. 310. — » » » périphérique.

FIG. 311. — Cotylédon.

FIG. 312. — Coupe transversale du cotylédon.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

NIGELLA DAMASCENA.

I. — L'EMBRYON DANS LA GRAINE MURE.

II. — LES PLANTULES.

DEUXIÈME PARTIE.

ESPÈCES DIVERSES.

TROISIÈME PARTIE.

RÉSUMÉ, HISTORIQUE ET CONCLUSIONS.